

DISEÑO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS
CAJAS LAMINADORAS DEL TREN 3 DE LAMINACION EN LA EMPRESA
GERDAU DIACO - PLANTA TUTA

MAYRA ALEJANDRA LEÓN RODRIGUEZ

MONICA VIVIANA MURCIA REYES

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

SOGAMOSO

2017

DISEÑO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS
CAJAS LAMINADORAS DEL TREN 3 DE LAMINACION EN LA EMPRESA
GERDAU DIACO - PLANTA TUTA

MAYRA ALEJANDRA LEÓN RODRIGUEZ

MONICA VIVIANA MURCIA REYES

Proyecto de grado en la modalidad de práctica empresarial presentado como
requisito para optar al título de:
INGENIERA INDUSTRIAL

DIRECTOR

JOSÉ HUMBERTO PATIÑO VELAZQUEZ

INGENIERO MECÁNICO

DOCENTE UNIVERSITARIO UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA
DE COLOMBIA

COORDINADOR GERDAU DIACO PLANTA TUTA

EDGAR EDUARDO PEREZ

GESTOR DE RUTINA TREN 3 DE LAMINACIÓN

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

SOGAMOSO

2017

NOTA DE ACEPTACION

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Sogamoso, 01 de Agosto de 2017.

AGRADECIMIENTOS

A la primera persona, que queremos agradecer es a nuestro Director, que sin su ayuda y conocimiento no hubiese sido posible realizar este proyecto.

A nuestros padres, por habernos proporcionado la mejor educación y lecciones de vida. En especial a nuestras madres por cada día hacernos ver la vida de una forma diferente y confiar en nuestras decisiones.

A nuestros familiares por brindarnos siempre su apoyo.

A nuestros amigos por estar siempre a nuestro lado, a todos aquellos que siguen estando cerca de nosotras y que le regalan a nuestra vida algo de ellos.

CONTENIDO

INTRODUCCION	11
1. DEFINICION DEL PROBLEMA.....	12
2. JUSTIFICACION	14
3. OBJETIVOS	15
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	15
4. MARCO TEORICO.....	16
4.1 PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA.....	16
4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN GERDAU DIACO PLANTA TUTA.	16
4.2.1 Recepción y clasificación de materia prima	17
4.2.2 Preparación.....	17
4.2.3 Acería.....	17
4.2.4 Laminación.....	17
4.3 GENERALIDADES DEL TREN LAMINADOR	20
4.3.1 Etapas de un tren continuo de Laminación	22
4.3.2 Tren 3 continuo de Laminación	24
4.3.3 Productos Fabricados en el Tren 3	26
4.4 CARACTERÍSTICAS DEL TREN 3 DE LAMINACIÓN	27
4.4.1 Cajas de laminación	28
4.4.2 Características cajas tipo horizontal.....	32
5. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN	34
5.1 FUENTES DE INFORMACION PRIMARIA	35
5.1.1 Fuentes Primarias Generales:	35
5.1.2 Fuentes Primarias Especializadas:.....	35
5.2 FUENTES DE INFORMACIÓN SECUNDARIA	35
5.2.1 Fuentes Secundarias Generales:	35
5.2.2 Fuentes Secundarias Especializadas:.....	35

6. DIAGNÓSTICO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO UTILIZADO EN LA CÉLULA DE LAMINACIÓN.....	36
6.1 CHECK LIST – PANORAMA ACTUAL DEL MANTENIMIENTO	36
7. PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL TREN 3 DE LAMINACION.....	40
7.1 SISTEMAS DE CODIFICACION Y REFERENCIACION	41
7.1.1 Sistema de Codificación de equipos	42
7.1.2 Referenciación de componentes	43
7.2 CLASIFICACION DE LOS EQUIPOS O ANALISIS DE CRITICIDAD	45
7.2.1 Determinación de criticidad de piezas	47
7.3 GESTION DE INVENTARIOS A REPUESTOS CRÍTICOS	49
7.3.1 Propuesta para el mejoramiento y control del inventario de repuestos críticos	51
7.3.2 Modelo propuesto de inventarios de revisión continua (MODELO Q)	53
7.4 GESTIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN TECNICA.....	54
7.4.1 Registro de inventario de equipos	55
7.4.2 Hojas de vida para equipos	55
7.4.3 Fichas Técnicas de equipos	55
7.4.4 Formatos de control de lubricación	56
7.4.5 Formatos de registro y tratamiento de fallas	56
7.4.6 Orden de trabajo	56
7.5 EVALUACION Y ANALISIS DE LOS MODOS Y EFECTOS DE FALLA EN LOS EQUIPOS	57
7.5.1 Ventajas del AMEF	57
7.5.2 Pasos para la realización de un AMEF	58
7.6 PLANIFICACION DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO.....	61
7.6.1 Check List de Inspección para Cajas	62
7.6.2 Check List de Inspección para el Desbaste	62
7.6.3 Cronograma de Mantenimiento	63
7.6.4 Plan General de Mantenimiento para cajas	64
7.7 DEFINICION DE LAS POLITICAS DE MANTENIMIENTO	64

7.7.1	Políticas de mantenimiento establecidas	64
7.8	INDICADORES DE SEGUIMIENTO Y CONTROL	65
7.8.1	Indicadores Básicos	66
7.8.2	Indicadores Elaborados de Eficiencia	69
8.	CONCLUSIONES.....	72
9.	RECOMENDACIONES	74
9.	BIBLIOGRAFIA	76

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Componentes del tren de desbaste	22
Tabla 2: Componentes del tren Intermedio	23
Tabla 3: Componentes del tren acabador	24
Tabla 4: Posiciones de las cajas dentro del tren	30
Tabla 5: Check list del Panorama Actual del Mantenimiento	36
Tabla 6: Tipos de Cajas existentes en el tren	47
Tabla 7: Repuestos críticos a considerar en el sistema de inventarios propuesto.	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Producción de acero de manera integrada y Semi integrada	17
Figura 2: Proceso de Conformación mecánica en caliente	18
Figura 3: Proceso de Laminación en Gerdau Diaco	18
Figura 4: Layout de un tren continuo de laminación con cajas verticales y horizontales.....	20
Figura 5: Características del subproceso del tren 3 de laminación.....	21
Figura 6: Etapas de un tren continuo de laminación	22
Figura 7: Organigrama Tren Laminador 3.....	25
Figura 8: Organigrama de mantenimiento Tren 3	26
Figura 9: Productos Fabricados en el Tren	27
Figura 10: Disposición de los equipos en el Tren 3.	28
Figura 11: Cajas Tipo Horizontal.....	29
Figura 12: Cajas Tipo Verticales	29
Figura 13: Cajas Laminadoras Danieli	32
Figura 14: Componentes de las cajas Danieli.....	32
Figura 15: Tipos de Mantenimiento Preventivo	40
Figura 16: Estándar de Codificación por niveles.....	42
Figura 17: Niveles de Codificación propuestos	43
Figura 18: Proporción de piezas críticas	48
Figura 19: Gráfico de Pareto para análisis de repuestos críticos.....	50
Figura 20: Diagrama causa efecto para los fallos presentados en el tren	59

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Documentación del Proceso

ANEXO B. Documentación del Diagnóstico

ANEXO C. Sistema de Codificación

ANEXO D. Criticidad de las Piezas

ANEXO E. Sistema de Inventarios

ANEXO F. Documentación Propuesta

ANEXO G. AMEF

ANEXO H. Actividades de Mantenimiento Propuestas.

ANEXO I. Indicadores de Seguimiento.

INTRODUCCION

Recientemente, los avances tecnológicos y el efecto de la globalización sobre las empresas tanto manufactureras como de servicios, han generado un interés especial en cada una de ellas por brindar a sus clientes productos de alta calidad, oportunamente y a bajos precios para generar lo que hoy se conoce como ventaja competitiva sobre sus contendientes y seguir vigentes en el mercado global con buena aceptación. Es por ello que hoy en día los altos directivos e ingenieros están obligados a gestionar un adecuado manejo dedicado a la mejora de procesos productivos para generar valor agregado a sus productos y de esta manera cumplir con las expectativas que cada cliente pone en la marca.

En este mismo ambiente se mueve la industria del acero, cada vez es mayor el número de toneladas que se manejan y es indispensable que se cuente con sistemas de producción que garanticen la venta de productos confiables, duraderos y que cumplan con los más altos estándares de calidad no solo porque así lo exigen los clientes, sino porque así lo reclama la normatividad existente para la producción de acero comercial, debido a esto es que cada empresa debe manejar procesos de apoyo a la producción que maximicen el rendimiento de los equipos, fundamentales para producir dichos productos de calidad.

Por lo anterior, la implementación del Programa de Mantenimiento Preventivo en la empresa Gerdau Diaco Planta Tuta, tiene como objetivo asegurar la continuidad en el proceso productivo del Tren 3 de laminación mediante la creación de una política de prevención de defectos en sus cajas principales que evite la ocurrencia de eventos que desvíen sus objetivos de confiabilidad, de productividad, control de costos, calidad y disponibilidad de equipos capaces de lograr los estándares requeridos, es importante establecer acciones que demuestren la necesidad de crear sinergias entre mantenimiento y producción, una en respaldo de la otra, para sentar las bases de un programa que optimice su rendimiento durante su vida útil y pronostique el posible riesgo de fallas que den lugar a consumir recursos económicos y humanos innecesarios dentro de la compañía.

1. DEFINICION DEL PROBLEMA

Debido a que la industrialización ha tomado mayor fuerza en las últimas décadas, para lograr óptimos indicadores de producción se requiere del buen funcionamiento de cada uno de los equipos que intervienen en el proceso razón por la cual el mantenimiento ha ido desarrollando metodologías cada vez más avanzadas y conceptos más globalizados que integren el área de producción con las áreas de mantenimiento para lograr buenas prácticas de seguimiento y control de posibles fallas que se puedan presentar a lo largo del proceso.

En la actualidad, las cajas laminadoras del Tren continuo de laminación número 3 de Aceros Diaco Planta Tuta no cuentan con un Sistema de mantenimiento que se ajuste a las necesidades de disponibilidad y confiabilidad que debe caracterizar a todo proceso productivo, aún más cuando se conoce que dicho tren es un mecanismo en el que no hay opción para fallas y que el presentarse dichas fallas en una de sus cajas laminadoras se traduce en pérdidas de tiempo y dinero.

Teniendo en cuenta la antigüedad que tienen las cajas laminadoras del Tren 3, se hace necesario cambiar de un programa de mantenimiento correctivo a un programa de mantenimiento preventivo en el que se establezcan métodos de mantenimiento periódico para prolongar la vida útil de las máquinas y sus componentes y reducir los tiempos de mantenimiento de las cajas que a mediano plazo se verá reflejado en la eficiencia que proporcione al proceso. De la información que se obtuvo en cuanto a los procedimientos de mantenimiento que se manejan, los problemas principales que impiden la implementación de un buen sistema que garantice un óptimo funcionamiento de los equipos corresponden a los siguientes:

- a) La continua implementación de un programa de mantenimiento netamente correctivo que se efectúa una vez haya ocurrido un fallo en algún componente de la máquina y es allí donde comienza una carrera contra reloj de los operarios encargados para solucionar la falla en el menor tiempo posible y a los menores costos.
- b) La inexistencia de documentación de los equipos, desconociendo tanto los procedimientos de mantenimiento o cambio de partes que se hayan realizado como el tiempo en el que estos procedimientos tuvieron lugar.
- c) Los largos periodos de tiempo que se invierten en el mantenimiento de las máquinas por desconocimiento de los procedimientos realizados anteriormente y la frecuencia de fallos de sus componentes.

- d) Falta de un adecuado manejo de inventarios de repuestos críticos para mantener en condiciones funcionales las máquinas.

¿Teniendo en cuenta la problemática expuesta anteriormente, es necesario diseñar un programa de mantenimiento preventivo que permita anticiparse a las fallas que se puedan presentar en el tren 3?

2. JUSTIFICACION

Gerdau Diaco es una de las empresas líderes en la producción y comercialización de aceros largos no solo en Colombia, sino en las Américas y el mundo entero, con más de 100 años de historia y en su condición de líder, procura generar procesos confiables y eficientes que den a cada uno de sus productos el sello de calidad ya conocido por sus clientes en nuestro país. Para lograr dicha meta es imperioso en la cultura empresarial que se maneja que los equipos y maquinaria que interviene en su proceso productivo funcionen en óptimas condiciones.

La idea de lograr productos conforme a los requerimientos y especificaciones del cliente hace que el proceso de laminación sea particularmente importante dentro de la producción de acero, la esencia de este proceso son las cajas laminadoras con las que se cuenta, cuya función principal consiste en darle forma comercial a la palanquilla que llega del desbaste además de mejorar las características mecánicas a cada uno de los productos que salen de estas.

Debido a que en términos de productividad y eficiencia se es consciente que seguir empleando las técnicas de mantenimiento que se utilizaban en el pasado de “reparar una vez se presentara la falla” están obsoletas y llevan a incurrir en costos elevados de producción y a que el Tren 3 de laminación presenta mayor antigüedad en sus cajas laminadoras, se presenta la necesidad de cambiar, paulatinamente, la metodología de mantenimiento que se ha llevado hasta el momento por un programa de mantenimiento preventivo que permita establecer acciones destinadas a prevenir los incidentes de fallas o averías antes de que éstas dañen el equipo, a la conservación de estos y sus componentes alargando su vida útil mediante una revisión periódica que garantice su buen funcionamiento, métodos que permitan establecer el cambio de piezas desgastadas, la periodicidad de lubricación, el cambio de aceites y acciones en pro de la mejora en el rendimiento de las máquinas, llevando organizadamente la recolección de información que permita establecer un diagnóstico del estado de piezas y equipos identificando componentes críticos para de esta manera tener un manejo más confiable en cuanto a disponibilidad de los componentes en el almacén de repuestos y así lograr evitar paradas no programadas que afecten la productividad y la eficiencia de todo el proceso.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar el Programa de mantenimiento preventivo para las Cajas laminadoras, incluyendo la caja de desbaste del Tren 3 de laminación en la empresa Gerdau Diaco - Planta Tuta, mediante la creación de una metodología adecuada con el fin de disminuir las fallas presentadas en las cajas por falta de planeación de actividades de mantenimiento.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar el panorama actual del mantenimiento que se realiza en las cajas laminadoras y el desbaste del tren 3 de Laminación.
- Revisar el sistema de codificación de equipos que se implementa actualmente en el grupo GERDAU y ajustarlo, si es posible, tanto a las máquinas como a sus componentes.
- Determinar la criticidad de los componentes de cada tipo de caja de laminación presentes en el tren 3 de laminación.
- Mejorar la gestión de inventario que se aplica actualmente teniendo en cuenta la criticidad que presenten los componentes de cada caja laminadora.
- Diseñar los formatos necesarios para controlar el mantenimiento realizado a las máquinas y sus componentes.

4. MARCO TEORICO

4.1 PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

Gerdau es líder en el segmento de aceros largos en las Américas y una de las principales proveedoras de aceros largos especiales del mundo. En Colombia, Gerdau Diaco es una empresa líder en el sector siderúrgico, actualmente cuenta con un esquema de gestión de negocio fundamentado en procesos operacionales y de soporte que le permiten entregar productos de acero de alta calidad y satisfacer las demandas de todos los públicos vinculados a su operación.

La empresa Gerdau Diaco Planta Tuta es la siderúrgica semi integrada más grande de Colombia destacándose por la fabricación de aceros largos para el sector de la construcción, manteniendo un compromiso total con sus colaboradores y clientes, ofreciendo productos de excelentes características asociadas con la calidad.

Esta siderúrgica cuenta con una acería en la cual se produce palanquilla y dos trenes de laminación en los cuales se conforma el producto final, en el Tren de Laminación 3 se producen perfiles, redondos lisos, cuadrados y platinas, mientras en el Tren de Laminación 2 se producen redondos corrugados, redondos lisos y cuadrados, que sustentan la producción de la planta.

4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN GERDAU DIACO PLANTA TUTA.

GERDAU DIACO S.A. se caracteriza por ser una Siderurgia semi-integrada, es decir, que su materia prima para el proceso de producción es en su totalidad la chatarra traída de distintos centros de acopio distribuidos en todo el país y llevada directamente a la planta industrial por distintas asociaciones de transportadores.¹

¹ GALLO AVELLANEDA GILBERTO, Estándar clasificación de chatarra- Intranet Gerdau –Diaco planta Tuta

Produção do aço

O diagrama ilustra o fluxo de produção do aço, dividido em duas entradas principais:

- Sucata integrada:** Representada por uma seta azul no topo esquerdo, esta entrada alimenta o **Minério de ferro** (montículo de terra vermelha).
- Sucata semi-integrada:** Representada por uma seta azul no meio esquerdo, esta entrada alimenta os **Ferros-gusa** (bloco cinza) e os **Resíduos** (pilha de peças).

O processo segue estas etapas principais:

- Alta-forno:** O minério de ferro é fundido para produzir o **Coque** (líquido amarelo).
- Conversor:** O coque é transferido para o conversor, onde é adicionado o **Óxido de cálcio** (saco amarelo).
- Forno elétrico a arco:** O material é fundido no forno elétrico a arco.
- Forno paralelo:** O aço é transferido para o forno paralelo.
- Podão:** O aço é despejado no podão.
- Lingotamento contínuo:** O aço é moldado em lingotes contínuos.
- Troncos:** Os lingotes são cortados em troncos.
- Forma de resfriamento:** Os troncos passam por uma forma de resfriamento.
- Laminador:** O aço é laminado em uma série de cilindros.
- Bobina:** O produto resultante é uma bobina de aço.
- Formador de espiras:** A bobina é transformada em espiras.
- Formas:** As espiras são moldadas em diferentes formas, como **Trilha** (perfilado), **Ferramentas** (peças cilíndricas), **Arames** (bobinas de fio) e **Formas de resfriamento** (peças retangulares).
- Máquina de puxar:** As formas são puxadas para serem processadas.
- Processo de solda:** As peças são soldadas.
- Geradora:** As peças são geradas.
- Arames:** Os arames são produzidos.
- Peças estampadas:** As peças são estampadas.
- Arames e resíduo:** Os arames e o resíduo são produzidos.
- Vigantes:** Os vigantes são produzidos.

Os produtos finais são mostrados em caixas no rodapé:

- Vigantes:** Vigantes de aço.
- Arames:** Arames de aço.
- Soldas:** Soldas de aço.
- Peças:** Peças de aço.
- Arames para solda:** Arames para solda.
- Arames:** Arames de aço.
- Arames:** Arames de aço.
- Arames:** Arames de aço.
- Peças estampadas:** Peças estampadas.
- Arames e resíduo:** Arames e resíduo.
- Vigantes:** Vigantes de aço.

El proceso de producción en la planta inicia con la recolección y clasificación de la chatarra hasta la conformación del producto final mediante la realización de los siguientes 5 sub-procesos, los cuales se especificarán a detalle en el **ANEXO A – 1: Proceso Productivo GERDAU**.

4.2.2 Preparación

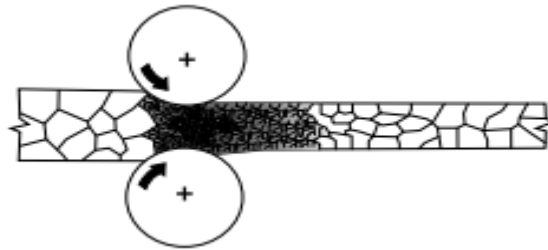
4.2.4 Laminación

17

4.2.4.1 Proceso de laminado

De forma simple, se podría describir la laminación como un proceso en el que se hace pasar al semiproducto (palanquilla) entre dos rodillos o cilindros, que giran a la misma velocidad y en sentidos contrarios, reduciendo su sección transversal gracias a la presión ejercida por éstos. En este proceso se aprovecha la ductilidad del acero, es decir, su capacidad de deformarse. De ahí que la laminación en caliente se realice a temperaturas comprendidas entre 1.250°C, al inicio del proceso, y 800°C al final del mismo.

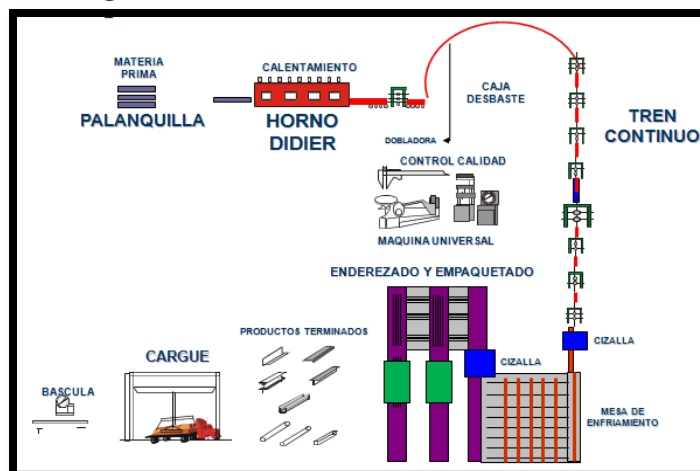
Figura 2: Proceso de Conformación mecánica en caliente



Fuente: Manual del Acero Gerdau Diaco para construcciones sismo resistentes

El proceso de laminación en caliente de la empresa se encuentra dividido en 6 subprocesos:

Figura 3: Proceso de Laminación en Gerdau Diaco



Fuente: Intranet Gerdau Diaco

- **Calentamiento:** El horno de recalentamiento Didier, de combustión de gas natural, es alimentado a través de una mesa de empujadores hidráulicos los cuales llevan la palanquilla al interior del horno donde consigue la temperatura de laminado que oscila entre 1140 y 1180 °C. La temperatura del horno y el proceso de combustión son controlados de forma semiautomática. Cuenta con señales de temperatura, flujo y presión los cuales son variables que ayudan a la operación del horno. El proceso de calentamiento tiene lugar debido a que la palanquilla que sale de la acería es almacenada para su posterior utilización en los trenes de laminación, lapso en el cual pierde temperatura y es imposible utilizarla en este estado para la laminación.
- **Desbaste:** La palanquilla es transportada del horno Didier hasta el tren de desbaste por medio de caminos de rodillos motorizados.

En el desbaste la palanquilla sufre un gran cambio de sección transversal de 130mm x 130mm a 50mm x 50mm. La palanquilla con nueva sección, sale del desbaste y es conducida por medio de canaletas al tren continuo.

- **Laminado intermedio continuo:** La barra en proceso pasa a través de seis (6) cajas laminadoras dispuestas en línea recta. Cada paso por una caja se considera como pase. La barra sufre un corte de cabeza y cola por medio de cizalla volante.
- **Tren de acabado:** cuenta con cinco (5) cajas de terminación. Se ponen en uso de acuerdo al perfil que se esté produciendo (mientras menor sea el tamaño del perfil más cajas son requeridas). El acabado de las barras se da en las últimas cajas del tren continuo, dependiendo del diámetro del perfil en proceso.
- **Enfriamiento y corte:** La barra sale del tren continuo y es cortada por medio de una cizalla volante a una longitud aproximada de 36 metros.

En la mesa de enfriamiento el material pierde temperatura y es trasladado por medio de palancas y sistemas mecánicos hacia un camino de rodillos motorizado. Estas barras son cortadas a 6 metros por medio de una cizalla de guillotina.

- **Empaquetado y despacho:** Posteriormente salen las barras con el corte a medida y son contadas y empaquetadas de acuerdo al número de unidades determinadas por el diámetro del perfil.

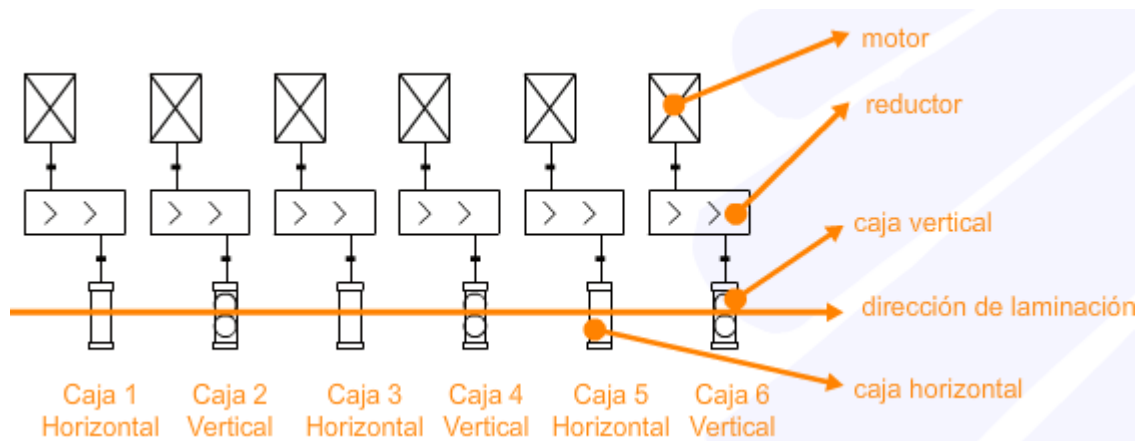
El material empaquetado es marcado, identificado y almacenado en la bodega de productos terminados para su despacho.

4.3 GENERALIDADES DEL TREN LAMINADOR

Se denomina así al conjunto de cajas laminadoras y elementos auxiliares como motores de accionamiento de los cilindros, sistemas de guías para las cajas comandados para entrada y salida del material, cizallas, bucleadores, etc.

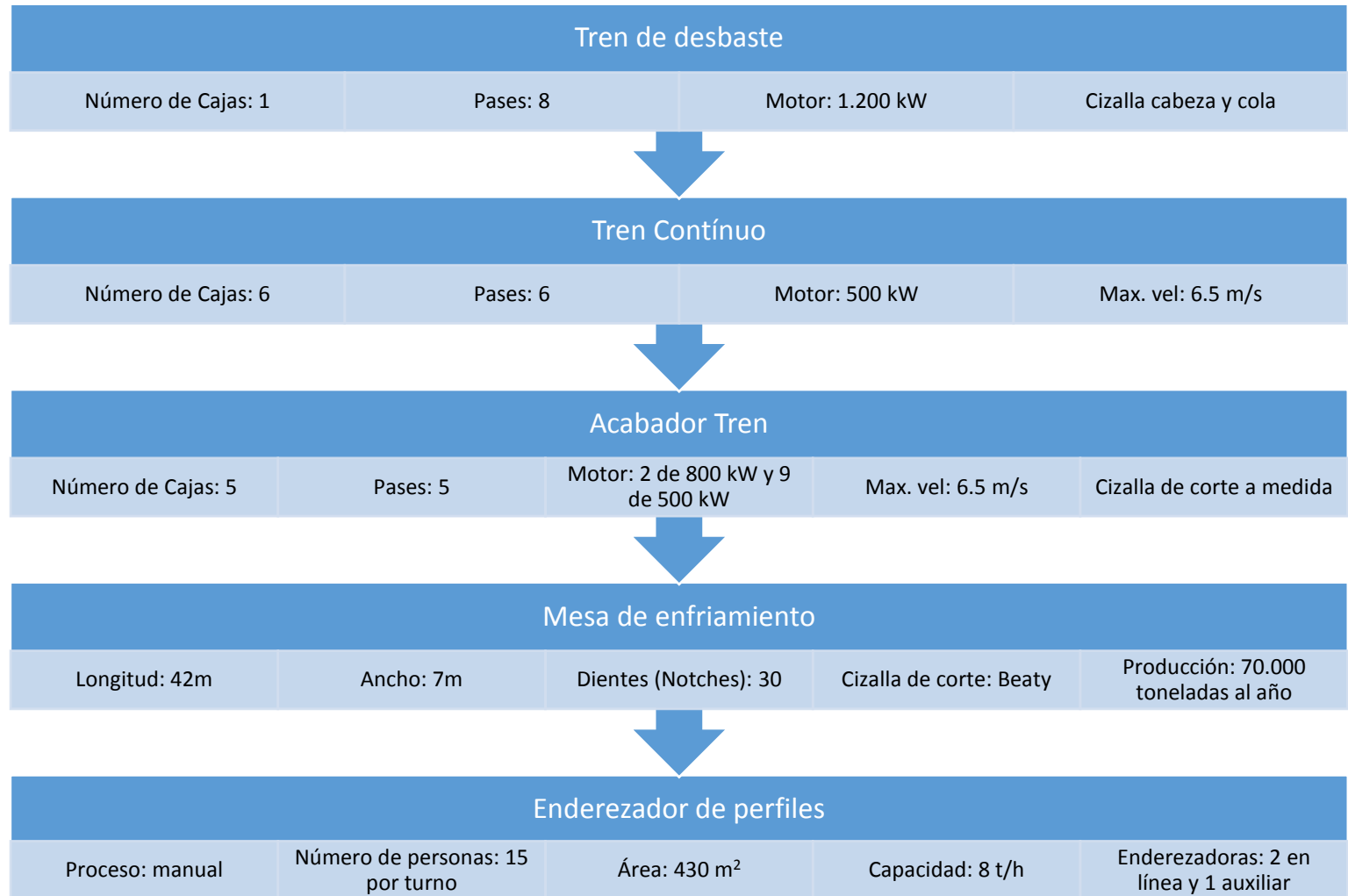
Su distribución corresponde a cajas dispuestas unas a continuación de otras, con separación tal que el perfil que se está laminando se encuentra simultáneamente bajo la acción de dos o más de ellas.

Figura 4: Layout de un tren continuo de laminación con cajas verticales y horizontales



Fuente: Intranet Gerdau Diaco

Figura 5: Características del subproceso del tren 3 de laminación



Fuente: autores, 2017

4.3.1 Etapas de un tren continuo de Laminación²

Figura 6: Etapas de un tren continuo de laminación



Fuente: Intranet Gerdau Diaco

4.3.1.1 Descripción del tren de desbaste

El tren de desbaste está compuesto por una caja tipo trio, es decir, compuesta por tres rodillos dispuestos en forma horizontal y una mesa basculante que mediante sus ocho pases consecutivos de desbaste permite que la barra reduzca su sección transversal de 130 x 130 mm a 50 x 50 mm.

A parte de los componentes críticos que componen el desbaste se tienen otros componentes como:

Tabla 1: Componentes del tren de desbaste

COMPONENTES	SUBCOMPONENTES
CAJA 1	CHUMACERAS (6)
	MOTOR
	REDUCTOR
	TRANSMISIONES (3)
	CENTRAL HIDRAULICA
RODILLOS MESA BASCULANTE	CHUMACERAS (30)
RODILLOS PROLONGACION MESA BASCULANTE	CHUMACERAS (28)
	CADENAS (10)
ARRASTRADOR	RODAMIENTOS (2)
	REDUCTOR
	BUJES (2)

Fuente: Autores, 2017

² Intranet Gerdau Diaco. Operación de Intermedio Continuo, Módulo LM-224 [Online]

4.3.1.2 Descripción tren intermedio

El tren intermedio consta de 6 cajas laminadoras en una combinación de cajas tipo horizontales y verticales dispuestas de manera continua y cada paso por las cajas se considera como un pase, dicha combinación de cajas tiene lugar debido a que las cajas verticales permiten realizar una técnica denominada canteo³ y por ello no es necesaria su utilización en la fabricación de todos los productos. En este tren intermedio se realiza un corte de cabeza y cola de la barra en la cizalla ubicada entre las cajas 4 y 5 con el fin de disminuir los problemas que se puedan presentar en el proceso debido a la pérdida de temperatura que sufren las puntas de la barra en cada pase de laminación.

El tren intermedio está constituido en su mayoría por cajas tipo Danieli debido a que son cajas que se caracterizan por ser más robustas puesto que en esta parte del proceso se reduce mayor cantidad de sección transversal de la barra.

En este tren se encuentran componentes como:

Tabla 2: Componentes del tren Intermedio

COMPONENTES	SUBCOMPONENTES
CENTRAL HIDRAULICA - CAJAS	DEPOSITO DE ACEITE
	BOMBAS
	ELECTROVALVULAS
	FILTROS
POSICIONES 2 - 7	RODAMIENTOS (4)
	RODAMIENTO AXIAL (2)
	RODAMIENTO AR (2)
	CAJA REDUCTORA
	MOTOR
	TRANSMISIONES (2)
CIZALLA 1	DEPOSITO DE ACEITE
	MOTOR PRINCIPAL
	ARRANCADOR
	DETECTORES INDUCTIVOS
	ELECTROVALVULAS
BUCLEADOR 1	CHUMACERAS (6)
	RODAMIENTO
	SOPORTES
	ELECTROVALVULAS
	CILINDRO NEUMATICO

Fuente: Autores, 2017

³ Técnica utilizada en el área de laminación en algunos productos para labrar o reducir los bordes laterales de la barra.

4.3.1.3 Descripción tren acabador

El tren acabador consta de 5 cajas en su mayoría tipo Pomini y una caja vertical, el desgaste en estas cajas es menor a las del tren intermedio debido a que su función principal es dar el perfil deseado al producto mas no reducir la sección transversal de la barra, por esto su uso depende el perfil que se esté produciendo.

Este tren tiene los siguientes componentes:

Tabla 3: Componentes del tren acabador

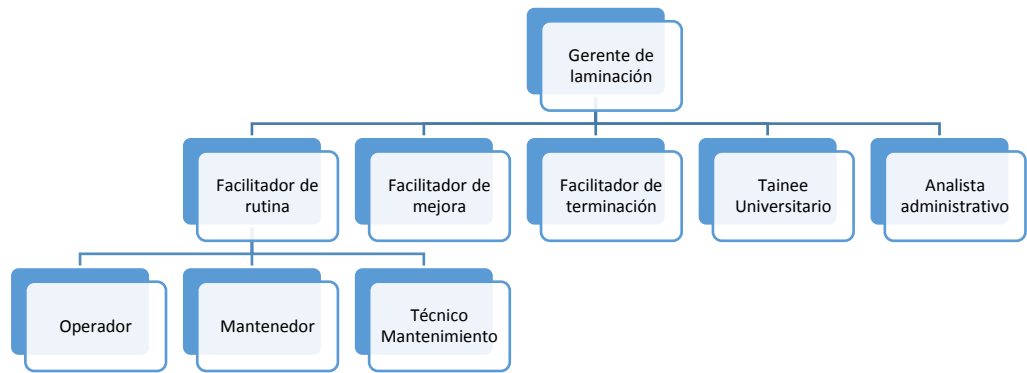
COMPONENTES	SUBCOMPONENTES
BUCLEADOR 2	CHUMACERAS (6)
	RODAMIENTO BRAZO
	SOPORTES
	ELECTROVALVULAS
	CILINDRO NEUMATICO
POSICIONES 8 - 12	RODAMIENTOS (4)
	RODAMIENTO AXIAL (2)
	RODAMIENTO AR (2)
	CAJA REDUCTORA
	MOTOR
ARRASTRADOR 2	TRANSMISIONES (2)
	DEPOSITO DE ACEITE
	RODAMIENTOS (2)
	BUJE
	REDUCTOR
CIZALLA 2	ELECTROVALVULAS
	ACOPLES
	DEPOSITO DE ACEITE
	MOTOR PRINCIPAL
	ARRANCADOR
	DETECTORES INDUCTIVOS
	ELECTROVALVULAS

Fuente: Autores, 2017.

4.3.2 Tren 3 continuo de Laminación

El tren laminador hace parte de la célula denominada laminación, el grupo de trabajo perteneciente a esta célula está liderado por el gerente de laminación en conjunto con los facilitadores de cada tren laminador. Para el caso del tren 3, el personal de trabajo encargado de su puesta en marcha y funcionamiento para cada uno de los perfiles que maneja, se presenta en el organigrama que se muestra a continuación:

Figura 7: Organigrama Tren Laminador 3



Fuente: Autores, 2017.

Cargos que son explicados de la siguiente manera:

- 4.3.2.1 Gerente de Laminación:** Es la persona encargada de liderar el cumplimiento de las metas establecidas por gerencia general mensualmente mediante el establecimiento y seguimiento de estrategias.
- 4.3.2.2 Facilitador de Rutina:** Su función es gestionar las actividades necesarias para los cambios de producto previamente establecidos por la célula de producción y a su vez supervisar el mantenimiento mecánico de las cajas para asegurar su funcionamiento.
- 4.3.2.3 Facilitador de Mejora:** Es el encargado de verificar que las actividades que realiza el facilitador de rutina en el tren sean ejecutadas y funcionen para el tren según el tipo de perfil a fabricar, en dado caso que no sea así, se encarga de hacer las correcciones necesarias para su adecuado funcionamiento.

De igual manera se encarga de recibir y analizar las ideas tanto de colaboradores como de plantas hermanas con el fin de buscar alternativas para mejorar el proceso.

4.3.2.4 Facilitador de Terminación: Direcciona y supervisa las tareas del personal de terminación con el fin de que el producto en su fase final sea correctamente cortado, contado y empacado de acuerdo a las normas de fabricación que se manejan y según los requerimientos del cliente.

4.3.2.5 Colaboradores: Son las personas encargadas de ejecutar tareas específicas de acuerdo a la sección de la célula de laminación a la que pertenezcan.

En cuanto a la parte del mantenimiento que se lleva a cabo en el tren, se identificaron 3 células que intervienen en dicho procedimiento mostradas a continuación:

Figura 8: Organigrama de mantenimiento Tren 3




Fuente: Autores, 2017.

4.3.3 Productos Fabricados en el Tren 3

En el tren de laminación 3 se fabrican perfiles (Ángulos y platinas) y Barras lisas, en su totalidad a 6 m de longitud. El proceso de laminación en la Empresa Gerdau Diaco S.A cuenta con una serie de Especificaciones de producto basadas en las diferentes Normas Técnicas colombianas (NTC) que varían de acuerdo al producto, cabe resaltar que dichas especificaciones de producto son más estrictas que las NTC tanto en composición química de la palanquilla como en el cumplimiento de las propiedades físicas y mecánicas del producto.

En caso de incumplir las respectivas especificaciones, el producto se considera como chatarra y retorna al inicio de proceso. Ver **ANEXO A – 2: Especificación de Productos.**

Figura 9: Productos Fabricados en el Tren

		
<p>ANGULOS</p>	<p>PLATINAS</p>	<p>BARRAS LISAS</p>

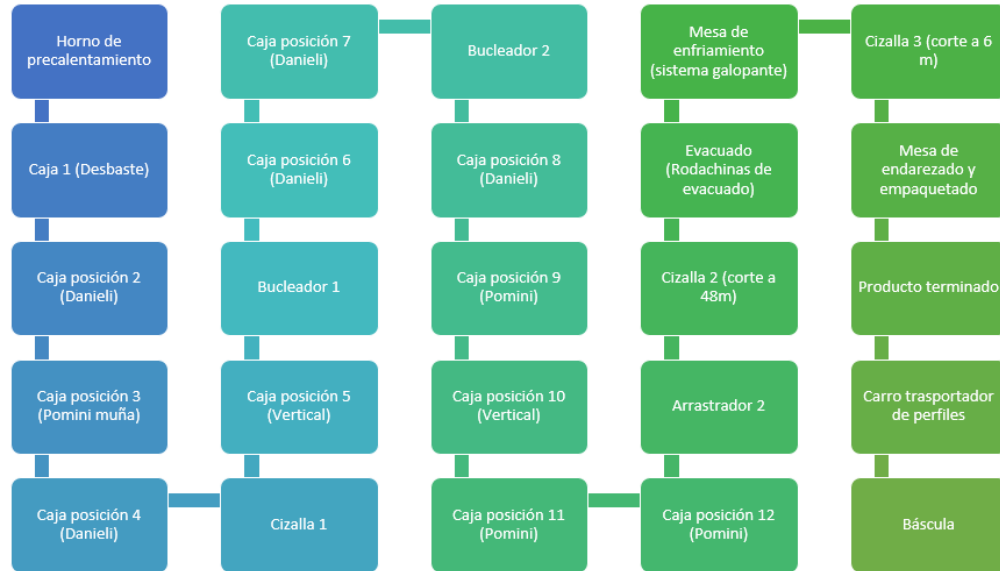
Fuente: Autores, 2017.

4.4 CARACTERÍSTICAS DEL TREN 3 DE LAMINACIÓN

Anteriormente se describió en que consiste el proceso de laminación y las características de cada uno de sus subprocesos, de igual manera, es importante describir las características del tren laminador existente actualmente en la planta y los equipos que intervienen en el proceso.

El siguiente diagrama de bloques representa gráficamente el orden en el que se deben disponer las máquinas en el tren para obtener los perfiles propios de esta línea de producción.

Figura 10: Disposición de los equipos en el Tren 3.



Fuente: Autores, 2017.

La disposición de las cajas laminadoras se representa por posiciones, es decir, no hay una caja que pertenezca a una posición determinada por la rotación de las mismas que se presenta actualmente en el tren debido al mantenimiento, pero si existe parámetros generales de qué tipo de caja debe ir en cada una de las posiciones del tren para de esta manera cumplir con las necesidades del proceso en cada pase.

El objetivo de estudio del presente trabajo serán cada una de las cajas existentes en el taller y el desbaste que componen el tren para los cuales no existe un plan de mantenimiento óptimo, por ello a continuación se describen las características de estos equipos.

4.4.1 Cajas de laminación⁴

El equipo elemental para laminar se conoce como caja de laminación. Consta de una estructura que sirve de chasis y de unos cilindros que realizan la laminación.

Los tipos de cajas usadas en las diferentes configuraciones de trenes de laminación normalmente son en función de las dimensiones y del perfil de los productos, actualmente el tren continuo tiene 4 tipos de cajas: Cajas Danieli tipo horizontal y vertical, Cajas Pomini tipo horizontal, Cajas tipo Pomini Muña y la Caja de desbaste.

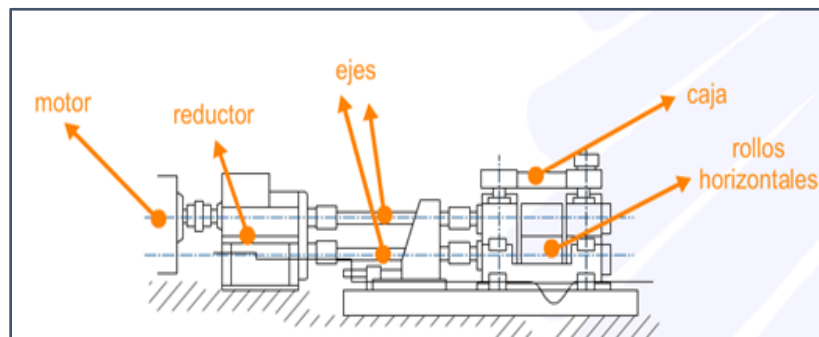
⁴ ZARABANDA, Arturo. Planos Cajas laminadoras Danielli, Tuta-Colombia, 2016.

Clasificación de las cajas laminadoras:

Según la dirección de los cilindros de las cajas: Estas se pueden dividir en:

- **Cajas tipo Horizontales:** Son cajas tipo dúo o tipo trío cuya característica principal es que los cilindros laminadores se disponen de manera horizontal.

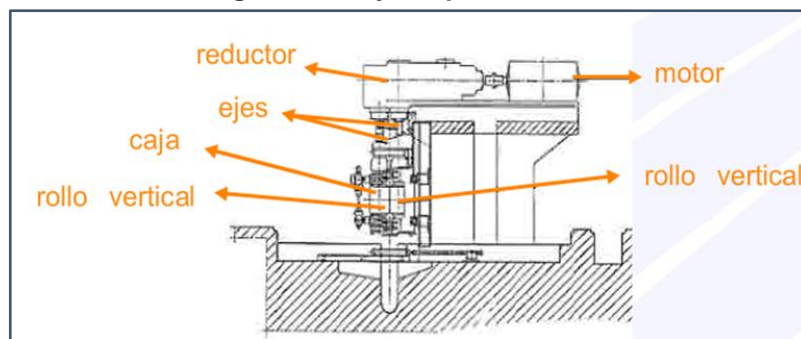
Figura 11: Cajas Tipo Horizontal



Fuente: Intranet Gerdau Diaco

- **Cajas tipo Verticales:** Cajas tipo dúo cuya característica consiste en que los cilindros laminadores se disponen de manera vertical.

Figura 12: Cajas Tipo Verticales



Fuente: Intranet Gerdau Diaco.

Actualmente, el tren cuenta con 11 cajas tipo dúo, es decir, compuestas por dos rodillos encargados de reducir la sección transversal y darle el perfil deseado al producto final, 6 de ellas se denominan cajas intermedias y 5 son cajas

acabadoras en una combinación de cajas marca Danieli y Pomini, igualmente se cuenta con el tren de desbaste que es una caja trío, es decir, consta de tres rodillos cuya función es disminuir el diámetro de la palanquilla que llega del horno con dimensiones iniciales de 130 x 130 mm a 50 x 50 mm en los 8 pasos de desbaste que realiza.

Esto sin contar las cajas que se tienen en el taller como equipos en Standby que se mantienen en óptimas condiciones de funcionalidad y son puestas en marcha cuando alguna de las 11 del tren continuo presenta algún fallo o sale a mantenimiento, de esta manera se tiene una rotación constante de laminadoras lo que hace imperante que su mantenimiento sea el correcto.

El número total de cajas Pomini con las que se cuenta es de 8, Cajas Danieli horizontales se tiene un total de 8, cajas Pomini Muña 2 y cajas tipo Danieli verticales se tiene un total de 5. La relevancia que tiene cada tipo de caja se refleja en la posición que ocupe dentro del tren para satisfacer las necesidades de laminado dependiendo del perfil, así, se tiene el siguiente orden de cajas:

Tabla 4: Posiciones de las cajas dentro del tren

POSICION	TIPO DE CAJA	FUNCION QUE DESEMPEÑA
1	Caja de Desbaste	DESBASTE
2	Caja Pomini Muña	TREN INTERMEDIO
3	Caja Tipo Danieli	
4	Caja Tipo Danieli	
5	Caja Tipo Danieli Vertical	
6	Caja Tipo Danieli	
7	Caja Tipo Danieli	
8	Caja Tipo Danieli	TREN ACABADOR
9	Caja Tipo Pomini	
10	Caja Tipo Danieli Vertical	
11	Caja Tipo Pomini	
12	Caja Tipo Pomini	

Fuente: Autores, 2017.

4.4.1.1 Caja de desbaste

Es la única caja que cuenta con una posición fija dentro del tren por lo que se conoce como la caja 1, su marca corresponde a cajas Treadwell, se considera como un equipo especialmente crítico en el proceso debido a que es un equipo único dentro del mismo sin posibilidad de reemplazo y por su antigüedad no cuenta con un programa de mantenimiento de detección a tiempo de fallas.

4.4.1.2 Cajas tipo Danieli

La característica principal de este tipo de cajas es su gran tamaño dado que son las cajas más robustas que existen en el tren, esto, debido a que su trabajo consiste básicamente en reducir la sección transversal de la barra hasta obtener las dimensiones adecuadas para cada tipo de perfil, sus posiciones de producción se encuentran en el tren intermedio.

Tienen un sistema de acople rápido de la transmisión caja – reductor, creado por los mismos colaboradores del tren lo cual ha logrado una disminución de los tiempos de cambio de cajas. Además, se les adecuó un motor hidráulico de regulación de presiones encargado de abrir y cerrar las cajas para la extracción de los cilindros laminadores en el momento de realizar mantenimiento o cambiar de perfil.

Las cajas Danieli en el tren se presentan tanto en tipo horizontal como vertical, el número de cajas verticales con las que se cuenta es de 5 para un total de 13 cajas tipo Danieli.

4.4.1.3 Cajas tipo Pomini

Las cajas tipo Pomini son cajas pertenecientes al tren acabador, esto hace que sus dimensiones sean menores a las cajas Danieli dado que se encargan de dar forma al perfil deseado, por lo tanto su desgaste se considera menor respecto a las cajas Danieli. Estas cajas en cuanto a componentes no difieren de las Cajas Danieli, su diferencia principal radica en el estilo de acople transmisión – reductor, pues estas cajas no se han intervenido para adecuarle mecanismos que permitan el cambio rápido. En el tren, sólo se encuentran cajas Pomini de tipo horizontal.

4.4.1.4 Cajas Pomini muña

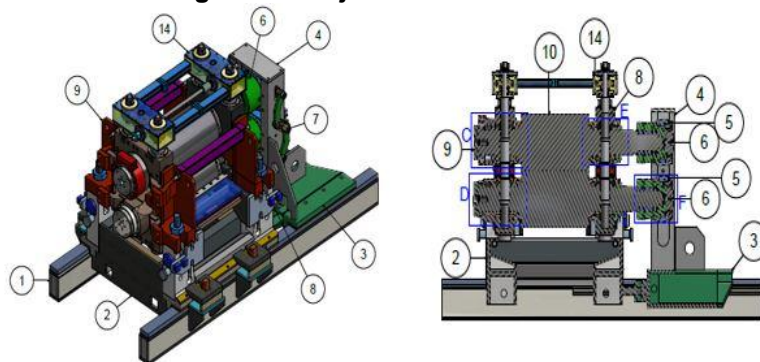
Este tipo de cajas se encuentran solo en la posición 3 del tren laminador, ya que sus características físicas se consideran similares a las de las cajas Danieli contando con la fuerza necesaria para la reducción de área. Su mecanismo es

igual al de las cajas mencionadas anteriormente pues se les adecuó el mismo mecanismo de acople rápido que las cajas Danielli.

4.4.2 Características cajas tipo horizontal

A continuación se presentan los principales elementos que componen las Cajas laminadoras de este tipo.

Figura 13: Cajas Laminadoras Danielli



Fuente: Taller de guías tren 3 de laminación Gerdau Diaco.

Los componentes principales de los tipos de cajas con los que cuenta el tren corresponden a los siguientes:

Figura 14: Componentes de las cajas Danielli

17	4	Tuerca cajonera	1 kg
16	2	Template caja	35 kg
15	2	Ensamble Danielli	181 kg
14	2	Cajonera Danielli_completa	*Varies*
13	4	Tuerca acople caja	4 kg
12	4	Perno acople caja	14 kg
11	4	Pasador perno acople caja	12 kg
10	2	Cilindro 435	1115 kg
9	1	Columna LOM	1176 kg
8	1	Columna LM	997 kg
7	2	Sistema balanceo acople rápido	22 kg
6	2	Acople rápido cilindro 435	143 kg
5	2	Ampieza acople rápido	86 kg
4	1	Soporte ampieza acople rápido	479 kg
3	1	Bancada acople rápido	699 kg
2	1	Bastido caja Danielli	2374 kg
1	1	Bancada	1516 kg
POS.	CANT	DESCRIPCION	PESO UN

Fuente: Taller de guías tren 3 de laminación Gerdau Diaco.

4.4.2.1 Ampuestas: Las ampuestas son unas piezas desmontables con orificios en los que se alojan los rodamientos del cilindro y se encargan de mantener en posición los cilindros en su chasis.

4.4.2.2 Columnas: Las columnas son dos estructuras verticales en cuyas ventanas encuentran asiento y sujeción las ampuestas.

4.4.2.3 Cajoneras: Cajas desmontables con orificios en donde se alojan los ejes de transmisión, presentan piezas críticas.

4.4.2.4 Sistemas de Regulación

- **Sistema de Regulación radial:** Es un mecanismo de ajuste que permite modificar la distancia entre los cilindros y, en consecuencia, las dimensiones de salida de los productos laminados.
- **Sistema de Regulación axial:** Es un mecanismo de ajuste que permite alienar el cilindro superior con el inferior y de esta manera garantizar que la forma del mecanizado del cilindro esté correctamente alineada.

4.4.2.5 Barrón: En cada entrada o salida de pases de la barra a través de la caja laminadora, existe un sistema que está acoplado en la caja que se llama barrón. Este equipamiento aloja las guías y tiene un ajuste que sirve para su nivelación.

4.4.2.6 Guías: Son un equipamiento auxiliar cuya misión es mantener la barra centrada en los canales de las cajas. Existe una variedad muy grande de tipos de guías usadas en los trenes de laminación. Para cada producto y tipo de canal existe un tipo de guía adecuada (Estática o de Rodillos). Las guías se posicionan en la entrada y de salida de los cilindros de la caja para mantener la dirección estable de la barra en proceso.

5. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN⁵

Retomando las fuentes teóricas de la metodología que es más útil en el presente proceso de investigación, se identificó que corresponde a una investigación descriptiva, pues se caracteriza por llevar a la práctica los resultados de la investigación básica, principalmente porque el principal objetivo será caracterizar el proceso indicando rasgos peculiares, observar su comportamiento real y a partir de ellos establecer planes de mejora a los sucesos observados.

Para tal fin, se trabajará a partir de un método de investigación que se ajuste a las necesidades del proyecto, entendiendo por método de investigación aquellos procedimientos lógicos y rigurosos que siguen los investigadores para obtener conocimiento. Toda investigación nace a partir de una situación observada, que genera una serie de inquietudes que no se pueden responder de forma inmediata sino que requiere establecer de un proceso de desarrollo para dar solución⁶.

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente proyecto se basará en un método de investigación Deductivo, partiendo del estudio de un problema en general desglosándolo en casos particulares con el fin de establecer principios, teorías o leyes para cada uno de ellos y así buscar soluciones encaminadas a la solución del problema que originó la investigación.

En cuanto al enfoque metodológico que se le dará al proyecto, se tomarán como bases tanto el enfoque cualitativo como en el enfoque cuantitativo, que, aunque cada uno de ellos presenta sus propios supuestos y reglas no son métodos excluyentes sino al contrario, se complementan en su manera de aproximarse a la realidad mediante la aplicación de sus metodologías para tener una mejor aproximación a la realidad del suceso que se está estudiando.

Para realizarlo satisfactoriamente, las fuentes de la investigación corresponden a fuentes de información primarias y secundarias.

⁵ MAYA, Esther. Métodos y Técnicas de Investigación. México D.F: Coordinación editorial Facultad de Arquitectura UNAM, 2014. 17-18p.

⁶ HINCAPIE GUTIERREZ, Sandra Janneth. "Métodos, enfoques y tipos de investigación". {En Línea}. {25 de Febrero de 2017}. Disponible en: (<http://sanjahingu.blogspot.com.co/2014/01/metodos-tipos-y-enfoques-de.html>).

5.1 FUENTES DE INFORMACION PRIMARIA

5.1.1 Fuentes Primarias Generales:

Enciclopedias, textos relacionados con el tema, diccionarios, tratados y compilaciones relevantes que se tengan y datos que proporcionen los colaboradores del Tren 3.

5.1.2 Fuentes Primarias Especializadas:

Monografías, series, revistas, resúmenes de simposios, tesis y manuscritos.

5.2 FUENTES DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

5.2.1 Fuentes Secundarias Generales:

Catálogos y reseñas bibliográficas

5.2.2 Fuentes Secundarias Especializadas:

Revistas de resúmenes, como son la sinopsis e índices de citas bibliográficas.


6. DIAGNÓSTICO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO UTILIZADO EN LA CÉLULA DE LAMINACIÓN

Para realizar un buen programa de mantenimiento preventivo a las cajas de laminación y al desgaste se debe tener en cuenta el manejo que se lleva a cabo actualmente con respecto a las labores de mantenimiento para determinar sus falencias y definir actividades necesarias con el objetivo de establecer un método que cumpla con las necesidades de un tren de laminación que opera continuamente y que de presentarse paradas inesperadas conlleva a grandes pérdidas económicas como a atrasos en las metas previstas.

Con fines prácticos, se realizó un formato de Check list para conocer el panorama actual en temas de mantenimiento que maneja la célula de laminación mostrado a continuación:

6.1 CHECK LIST – PANORAMA ACTUAL DEL MANTENIMIENTO

Tabla 5: Check list del Panorama Actual del Mantenimiento

		CHEK LIST DIAGNOSTICO DE MANTENIMIENTO	
		CUMPLE	
CHECK LIST DE DIAGNOSTICO DE MANTENIMIENTO	ORGANIZACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO	¿Existen funciones y responsabilidades definidas de mantenimiento dentro del área?	SI [X] NO[]
		¿El tipo de mantenimiento realizado actualmente a las cajas es correctivo?	SI [X] NO[]
		¿Se cuenta con una política definida de mantenimiento para las cajas?	SI [] NO[X]
		¿Aparte de la célula de producción, existen otras células que intervienen en el mantenimiento del tren?	SI [X] NO[]

	ESTRUCTURA ORGANICA	¿Las plantas, instalaciones y distribución geográfica son las adecuadas?	SI [X]	NO[]
		¿Se cuenta con secciones adecuadas para realizar el mantenimiento de los equipos?	SI [X]	NO[]
		¿Se cuenta con planos que permita la identificación de cada sección del área?	SI [X]	NO[]
	DOCUMENTACION TECNICA	¿Existe documentación técnica adecuada y disponible?	SI []	NO[X]
		¿El tren cuenta con manuales de fabricación de los equipos?	SI []	NO[X]
		¿Existe información relevante a los historiales de las actividades de Mnto realizadas a las máquinas y su frecuencia?	SI []	NO[X]
		¿Existen formatos de registro de datos de mantenimiento utilizados actualmente?	SI []	NO[X]
	RECURSOS DISPONIBLES	¿Existen los recursos físicos y humanos necesarios?	SI []	NO[X]
		¿Existen recursos físicos adecuados para el mantenimiento de las máquinas?	SI [X]	NO[]
		¿Las herramientas disponibles son suficientes para las labores de Mnto?	SI [X]	NO[]
		¿El recurso humano actual es suficiente para realizar las labores necesarias?	SI []	NO[X]
		¿Existen funciones definidas para los colaboradores que participan en el mantenimiento?	SI [X]	NO[]
	RECURSOS FINANCIEROS EN MNTO	¿Se cuenta con recursos financieros necesarios para realizar el Mnto?	SI [X]	NO[]
		¿Se considera necesario una redistribución de recursos para la compra de	SI [X]	NO[]

		componentes?		
		¿Es eficiente el manejo de recursos utilizado actualmente?	SI [X]	NO[]
	REGISTRO DE ACTIVIDADES Y DATOS DE SEGUIMIENTO	¿Actualmente se cuenta con registros de fallas que se presentan en el tren?	SI [X]	NO[]
		¿Se cuenta con seguimiento de las actividades de Mnto realizadas en las cajas?	SI []	NO[X]
		¿Se cuenta con formatos de recopilación de información para cada caja?	SI []	NO[X]
		¿Se cuenta con indicadores de seguimiento y control?	SI []	NO[X]
	PLANIFICACION DEL MNT	¿Se cuenta con un sistema de planificación de trabajos de Mnto?	SI []	NO[X]
		¿Se realiza un manejo de inventarios óptimo de repuestos de los equipos?	SI []	NO[X]
	ALMACENAMIENTO DE REPUESTOS	¿El taller de guías cuenta con mecanismos adecuados de rotación de repuestos?	SI []	NO[X]
		¿Se cuenta con formatos que permitan registrar los datos necesarios de manejo de repuestos?	SI []	NO[X]
		¿La disposición física del almacenamiento de repuestos es la adecuada?	SI []	NO[X]
		¿Se cuenta con un manejo de inventarios con seguimiento y control?	SI []	NO[X]
	SISTEMA DE COMPRAS	¿Se considera óptimo el sistema de compras utilizado actualmente?	SI []	NO[X]
	OS EXTERN OS	Actualmente se tiene sistemas de tercerización en las labores de Mnto?	SI []	NO[X]

		Se cuenta con proveedores establecidos para la compra de repuestos críticos?	SI [X]	NO[]
	SISTEMAS DE INFORMACION	Los sistemas de información utilizados en el mantenimiento son los adecuados?	SI [X]	NO[]
		Se aprovechan correctamente los sistemas de información disponibles?	SI []	NO[X]

Fuente: Autores, 2017.

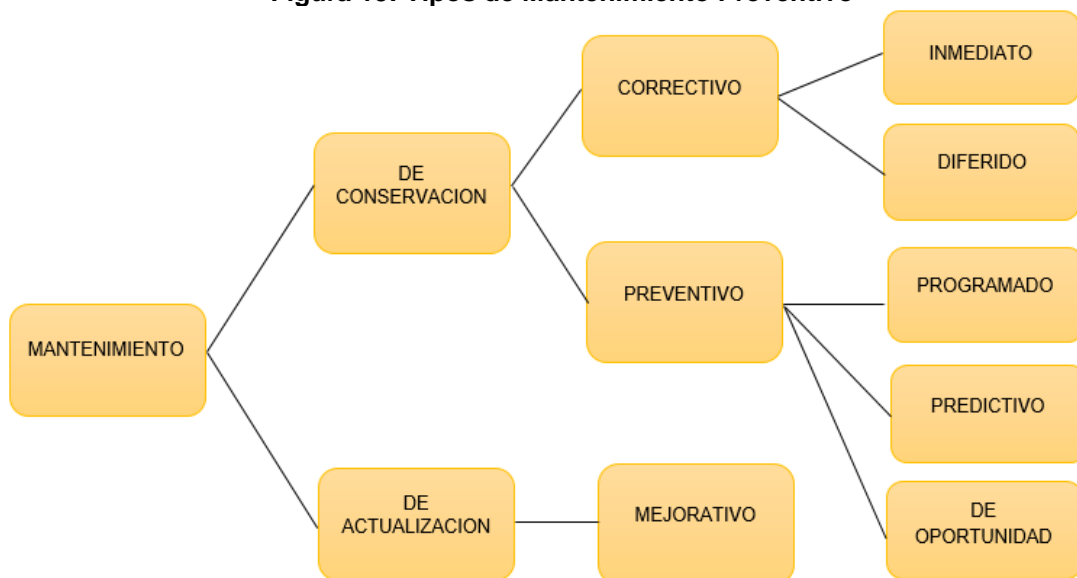
Con el propósito de describir detalladamente las labores que se realizan actualmente en el tren en materia de mantenimiento para, posteriormente, establecer las acciones a realizar en la propuesta de mantenimiento definida en el presente proyecto, se dispuso el **ANEXO B – 1: Diagnóstico General del Mnto** donde se detalla el panorama actual de mantenimiento identificado dentro de la célula con los respectivos soportes a manera de complementar el Check list.

7. PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL TREN 3 DE LAMINACION

Como se mencionó anteriormente, la célula de producción cuenta actualmente con un programa de mantenimiento correctivo, una estrategia que anteriormente podía funcionar sin ver afectado el rendimiento de la planta en cuanto a temas de producción. Hoy en día, en un entorno globalizado y exigente si se quiere ser productivo se tiene que ser consciente de que esperar a que se produzca un fallo para retirar los equipos a mantenimiento es incurrir en costos muy elevados.

Esta propuesta, se basa en la transición al mantenimiento preventivo caracterizado porque es el destinado a la conservación de los equipos mediante la programación de revisiones y reparaciones que garanticen su fiabilidad. El principal objetivo de este tipo de mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias que produce un fallo en los equipos logrando anticiparse a éste antes de que pueda ocurrir, para cumplir con ello se establecieron acciones y tiempos de acción en los que se pueda monitorear el estado de los equipos y así cumplir con los 3 tipos de mantenimiento que abarca un programa de mantenimiento preventivo mostrados a continuación:

Figura 15: Tipos de Mantenimiento Preventivo



Autor: Nancy Saray Gamundi, Joel Martínez, 2014.

Mediante el diseño de actividades como inspecciones planeadas, períodos de mantenimiento establecidos, ajustes de piezas, limpieza, análisis, lubricación de componentes y cambio de piezas desgastadas, entre otras, se parte a la constitución de un programa de mantenimiento que no solamente garantice un funcionamiento eficiente de los equipos sino además si se aplica con rigor y disciplina puede llevar a que los equipos tengan una vida útil mucho más duradera y eficiente.

Teniendo en cuenta que un plan de mantenimiento planificado mejora la productividad, reduce los costos del mantenimiento y alarga la vida útil de los equipos es necesario comenzar a aplicar estrategias más sofisticadas y que aseguren cumplir con las necesidades que requiere el tren de estar en funcionamiento 24 horas al día los 7 días de la semana, para así, a futuro mejorar continuamente los procesos en materia de mantenimiento para el cumplimiento de metas previstas en el área. A continuación se presentan los puntos a desarrollar dentro de la propuesta del diseño del plan de mantenimiento preventivo para el Tren 3 de laminación:

- ✚ Sistema De codificación
- ✚ Clasificación de los equipos o análisis de criticidad
- ✚ Gestión de Inventarios a Repuestos Críticos
- ✚ Gestión de la documentación Técnica
- ✚ Evaluación y Análisis de los modos de falla
- ✚ Planificación de actividades de Mantenimiento
- ✚ Definición de las Políticas de Mantenimiento
- ✚ Seguimiento y Control “Indicadores de Mantenimiento”

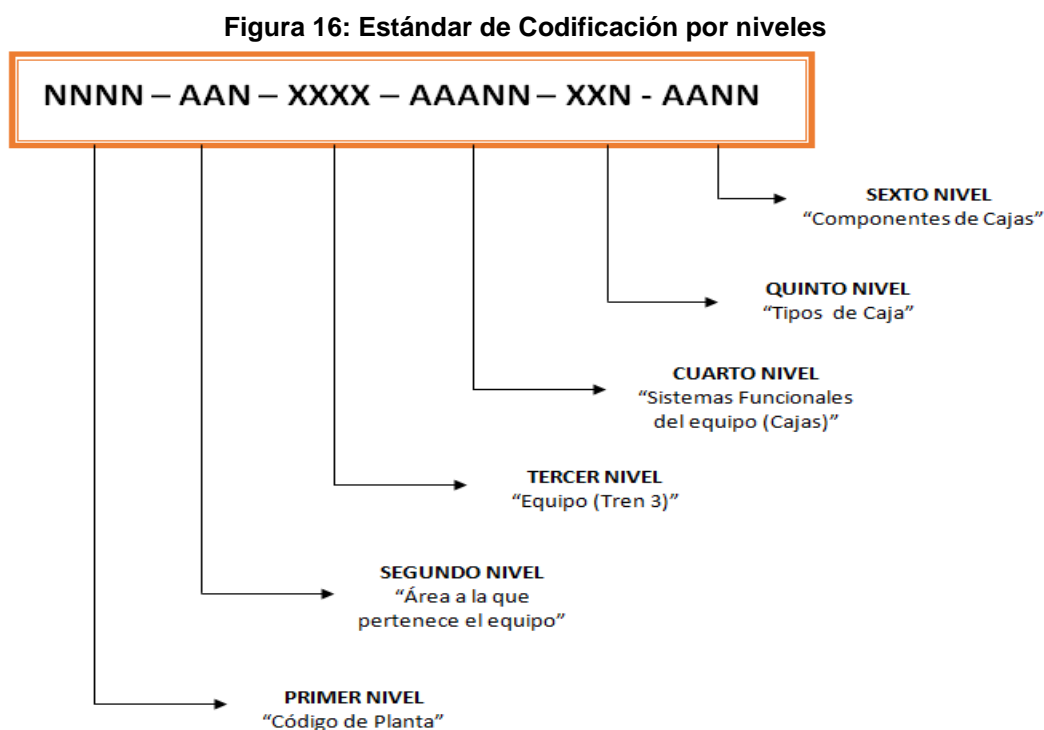
7.1 SISTEMAS DE CODIFICACION Y REFERENCIACION

La creación de un sistema de codificación de equipos y la organización del sistema de referenciación de componentes parte de la necesidad que se tiene en el área de contar con un sistema de información que haga seguimiento a las necesidades de mantenimiento tanto de repuestos críticos como de cajas, debido a la importancia que representa se generaron los códigos de las cajas laminadoras con sus respectivos componentes así como la organización del sistema de referenciación que permite establecer las características de diseño para las piezas que son fabricadas en planta o se mandan fabricar y un sistema de referenciación de compra de aquellas que son suministradas por proveedores ya identificados.

7.1.1 Sistema de Codificación de equipos

El sistema de codificación utilizado actualmente en la empresa parte de un estándar que se maneja en la planta matriz, Brasil, y que permite la identificación de cada equipo con el que se cuente en la misma. Actualmente manejado por la célula de mantenimiento central, este sistema de codificación manejado en SAP consiste en 6 niveles de código cada uno con una combinación de letras y números que, dependiendo del estándar que se use para cada nivel, se acomodan para permitir la identificación del equipo al que se le quiera llevar la trazabilidad del mantenimiento realizado.

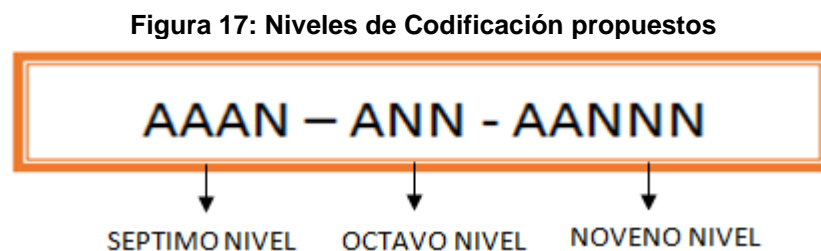
Como se dijo, es un sistema manejado únicamente por la célula de mantenimiento central, dicha célula es la encargada del mantenimiento de los equipos auxiliares que permiten el funcionamiento de las cajas laminadoras como lo son motores, reductores, componentes del sistema motriz etc. así pues, se hace eficiente empalmar el mantenimiento que se le da tanto a las laminadoras que componen el tren continuo como al que se le da a sus componentes auxiliares para empezar a crear un programa en el área de laminación que permita crear una cultura de mantenimiento basada en indicadores. El estándar de codificación utilizado actualmente comprende la siguiente estructura:



Fuente: Autores, 2017.

En este modelo, se identifica el uso de 3 letras diferentes: La letra N corresponde, en cada una de las posiciones, a un número de identificación y de manera alterna la X y la A cumplen la misma función de representar una letra en cada nivel de código. Cada uno de estos niveles permite la adecuada administración de las actividades de mantenimiento y una relación de cada equipo al área de la planta a la que corresponde. En el **ANEXO C – 1: Niveles de codificación estándar** se describe la especificación que se tiene dispuesta para cada nivel de código y de esta manera proceder a codificar los equipos y sus componentes.

Siguiendo los parámetros anteriores, se diseñó el sistema de codificado para los 6 niveles establecidos en SAP adicionando tres niveles de código que permitirán una mejor administración de los elementos esenciales que conforman los componentes de las máquinas, que de no llevarse una adecuada gestión de inventario y tiempos de cambio o mantenimientos establecidos podrían causar fallos inesperados en las cajas. La estructura de código recomendada para los siguientes tres niveles que permiten llevar seguimiento a los componentes críticos de cada sistema de las máquinas es la siguiente.



Fuente: Autores, 2017.

Cada nivel hace referencia a un subsistema crítico que a la vez se compone de elementos críticos necesarios de codificación, el código termina en el nivel 9.

7.1.2 Referenciación de componentes

Para el sistema de referenciación planteado se partió del manejo que se da actualmente en el área para la requisición de los componentes de cada una de las máquinas, se basa en el manejo de una combinación de Códigos para fabricación y para compra de estos componentes. El objetivo de manejar el sistema de referenciación con el sistema de codificación creado es la identificación correcta

de los componentes utilizados por aquella persona que se involucre en el proceso de adquisición para garantizar que se cuenten con los repuestos idóneos en el momento que se requiera mediante la creación de una base de datos que recopile los respectivos códigos de componentes, código Meridian y código SAP.

7.1.2.1 Códigos Meridian

En el primer caso se tienen los llamados códigos Meridian, que corresponden a los códigos de identificación presentes en cada plano donde se especifiquen características de diseño de todas aquellas piezas que se pueden mandar fabricar directamente en la planta o por proveedores externos. Cabe destacar, que desde hace algún tiempo se está en un proceso de actualización de estos códigos, principalmente, porque algunos sistemas de las cajas se van re diseñando con el objetivo de crear procesos que por ejemplo, minimicen los tiempos de cambios de perfil, que garanticen el óptimo funcionamiento de las cajas a lo largo de su vida útil y sobretodo porque hoy en día los colaboradores del taller están en la capacidad de construir sus propias cajas laminadoras y es necesario incluirlas en el sistema de códigos Meridian que se maneja.

Hasta el momento este proceso de actualización se ha terminado en su totalidad para las cajas tipo Danieli existentes y de seguir así muy pronto se tendrán los códigos del resto de tipos de cajas para las cuales se está diseñando el programa de mantenimiento. Ver **ANEXO C – 2: Códigos Meridian en Planos**.

7.1.2.2 Códigos de referenciación para compras por SAP

Estos códigos de referenciación son utilizados para la requisición de aquellos componentes que son comprados de proveedores externos, la importancia de incluir los códigos de referenciación de SAP en el sistema de codificación radica en que son los códigos con los que se adquieren ciertos repuestos y guardan información relevante en el momento de hacer una compra como características de dimensiones, tipo de material y subsistema al que pertenece dentro del conjunto que conforma cada caja.

Para esto se maneja una base de datos de componentes con su respectivo código de requisición o referenciación y en el momento que se requiera generar una orden de compra de un componente específico, se consulta en la base y se introduce el código en SAP, proceso que facilita la compra y es entendible para

futuros colaboradores que lleguen al proceso. Ver **ANEXO C – 3: Códigos SAP para compras.**

Si bien es de aclarar que tanto los códigos Meridian como los códigos de requisición manejados en SAP aún no se han creado para todos los componentes de las cajas, los facilitadores del tren 3 están trabajando en ello y el trabajo de clasificar cada componente con sus respectivos códigos tiene como objetivo servir de punto de partida para, de manera organizada, comenzar el trabajo de crear este sistema de códigos a las cajas y componentes que aún faltan por codificar. Para los componentes que aún no se les asigna código SAP, la orden de compra se origina con la descripción del componente necesario; en esta descripción se incluye información como medidas, material, diámetros y especificaciones que permita identificar la pieza adecuada por parte de los proveedores.

De esta manera el presente trabajo se limita a organizar la información ya existente y relacionar cada componente con su respectivo código de identificación de tal forma que para los facilitadores del tren sea mucho más fácil actualizar los datos que aún se requieren hasta tener por completo los códigos de los componentes de las cajas que aún faltan por identificar. Posteriormente, en las recomendaciones se aclarará la importancia que representa continuar con el proceso en el momento de la implementación del programa de mantenimiento diseñado, por parte de los facilitadores del tren.

El sistema de codificación propuesto para cajas y componentes incluyendo los códigos SAP y códigos Meridian existentes se presentan en el **ANEXO C – 4: Sistema de Codificación Propuesto.**

7.2 CLASIFICACION DE LOS EQUIPOS O ANALISIS DE CRITICIDAD

La criticidad es la herramienta de orientación efectiva para la toma de decisiones y tiene en cuenta a qué equipo o parte del mismo se le tiene prioridad en la actividad del mantenimiento. La herramienta consiste en determinar o clasificar los equipos existentes según la importancia que tienen en el proceso.

Los equipos críticos, son aquellos que al fallar pueden afectar la seguridad del personal, el entorno ambiental, provocar un paro de la producción o incrementar el costo de mantenimiento. El objetivo es priorizar el esfuerzo de mantenimiento,

enfocado a la satisfacción del cliente, favoreciendo y promoviendo el aprovechamiento de los recursos del área en las actividades de mayor valor⁷.

Es importante saber cómo definir un activo como crítico. Existen muchos enfoques para determinar la criticidad de un activo. Algunas plantas eligen emplear una escala simple de 5 grados y asignarles números subjetivamente, mientras que otras utilizan largos, interminables procesos y hasta contratan a empresas consultoras para ayudarles a determinarla. Sin embargo, la decisión puede reducirse a unos cuantos atributos claves:⁸

- Impacto en la producción
- Impacto en la seguridad
- Impacto al medio ambiente
- Costo de reemplazo
- Disponibilidad de repuestos o redundancia
- Probabilidad de falla según los datos históricos acerca de la confiabilidad y mantenimiento preventivo

La empresa GERDAU DIACO en su proceso de laminación en el tren 3 cuenta en total con 24 cajas de laminación (12 de ellas en proceso), que son cruciales para el desarrollo de su actividad económica. Debido a que todas son consideradas como máquinas críticas, se requiere determinar la criticidad de las piezas de cada una de las cajas presentes en el proceso, para diseñar el plan de mantenimiento con el fin de evitar futuros inconvenientes que ocasionen largas paradas y asegurar la disponibilidad de dichos componentes en el proceso. Para ello se desarrollará la herramienta del análisis de criticidad ABC enfocada en el uso que tiene el equipo y cada parte del mismo.

Para determinar la criticidad de máquinas o partes de la misma, se implementa un proceso de la empresa (se aplica en uno de los talleres), el cual consiste en una adaptación del método ABC de criticidad, basado en 5 atributos claves, dados los resultados positivos y el fácil entendimiento que han mostrado los colaboradores

⁷ GARRIDO, Santiago García. Organización y gestión integral de mantenimiento, España, Ed. Díaz de Santos, 2003

⁸ Noria Corporation. "Traducido por Roberto Trujillo Corona, Noria Latín América" {En Línea}. {10 de marzo de 2017} disponible en: <http://noria.mx/lublearn/importancia-de-la-criticidad-de-la-maquinaria/>

relacionados en el proceso, se utilizó este mismo método para determinar la criticidad de los componentes de las máquinas de manera que se establezca un mismo procedimiento. En el **ANEXO D – 1: Método ABC de criticidad**, se explica la metodología del análisis de criticidad por el método ABC y los atributos tenidos en cuenta para determinar los componentes críticos de las cajas.

7.2.1 Determinación de criticidad de piezas

Para realizar el proceso de análisis de criticidad se partirá de los 4 tipos de cajas con las cuales se cuenta en el tren presentadas en la tabla 6 a las cuales se les realizó una lista de cada uno de los componentes que las constituyen y a partir de ella, se calificó la importancia que cada componente tiene en cada uno de los atributos clave, trabajo en el cual colaboraron los facilitadores de rutina y mejora del tren para ser más asertivos.

Tabla 6: Tipos de Cajas existentes en el tren

Nombre de caja	Numero de cajas existentes
Caja de Desbaste	1
Cajas de laminación Pomini Muña	2
Cajas de laminación Danieli	8
Cajas de laminación Pomini	8
Cajas de laminación verticales Danieli	5

Fuente: Autores, 2017.

Debido a que el análisis de criticidad se realiza con el fin de determinar las piezas a las cuales se les debe realizar un manejo de inventario, este análisis será el mismo para las cajas Danieli Horizontales, cajas Danieli Verticales, cajas Pomini Muña y cajas Pomini ya que presentan los mismos componentes. La caja de desbaste tiene componentes diferentes por lo cual se hace su respectiva determinación de piezas críticas.

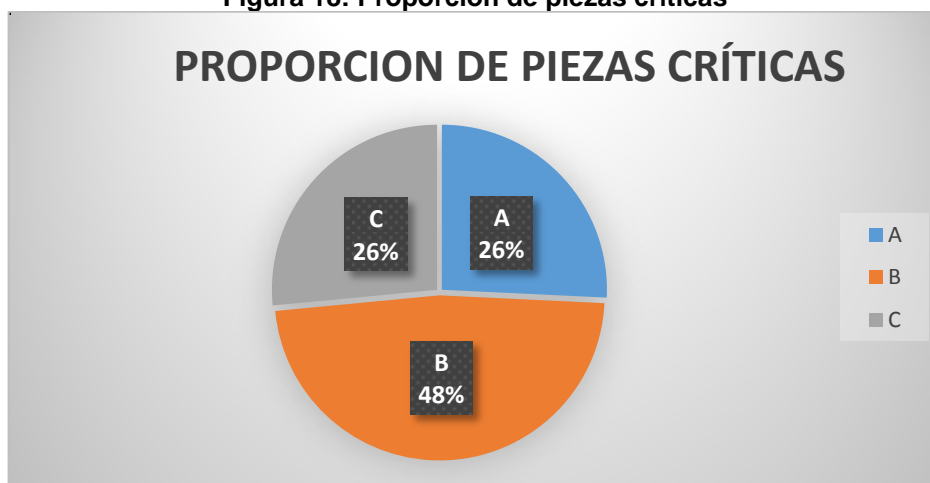
Siguiendo cada uno de los criterios a evaluar, se realizó una lista con las piezas que componen los sistemas de las cajas, en ella cada facilitador del tren evaluó el nivel de criticidad que, suponen, cada una de las piezas representa para el buen funcionamiento de los equipos. Una vez se obtuvo el resultado de los facilitadores se realizó un conglomerado donde, mediante el cálculo del promedio de las

puntuaciones resultantes, se pudo establecer cuáles se consideran componentes críticos a los que se hace necesario realizar una adecuada gestión de inventarios que garantice la disponibilidad de los mismos. Ver **ANEXO D – 2. Puntuaciones de Criticidad de Facilitadores**

Una vez realizado este procedimiento, se procedió con los cálculos necesarios para establecer el grado de criticidad de las piezas; Ver **ANEXO D – 3. Resultados del análisis de Criticidad**, donde se muestran los resultados obtenidos del análisis de criticidad, en este se encuentra cada componente clasificado en el grupo correspondiente para proceder a establecer los planes de acción recomendados. Los componentes resultantes en el grupo A, requieren estar dentro de la determinación del Stock mínimo de piezas para garantizar que no se presenten faltantes de las mismas en el momento de la realización del mantenimiento, las piezas clasificadas en el grupo B deberán tener registros de las actividades realizadas en su mantenimiento consignados en la respectiva hoja de vida planteada para cada caja y las piezas clasificadas en el grupo C, son piezas que se pueden reestablecer en el taller para su funcionamiento normal o que, en caso de requerirlas de proveedores externos, no presentan tiempos de llegadas largos, por lo que estarán a tiempo para su utilización.

La información procesada se representó gráficamente para analizar la proporción de componentes críticos con respecto al total general obteniendo lo siguiente:

Figura 18: Proporción de piezas críticas



Fuente: Autores, 2017

La mayoría de los componentes corresponden al Grupo B de clasificación correspondiente al 48% del total de los mismos y en una proporción igual del 26% se encuentran los componentes clasificados en el Grupo A y C.

7.3 GESTION DE INVENTARIOS A REPUESTOS CRÍTICOS

Una gestión de inventarios se define como el proceso de organizar, planificar y controlar un conjunto de stocks, en este caso, repuestos indispensables en las labores de mantenimiento con el objetivo de controlar las entradas y salidas de los mismos asegurando de esta manera su disponibilidad en los tiempos en los que el proceso los requiera.

Los inventarios de repuestos representan todas aquellas partes y piezas que se encuentran almacenadas con el fin de apoyar logísticamente actividades de mantenimiento para alcanzar los objetivos primordiales del mantenimiento: Alta disponibilidad a un costo racional.⁹

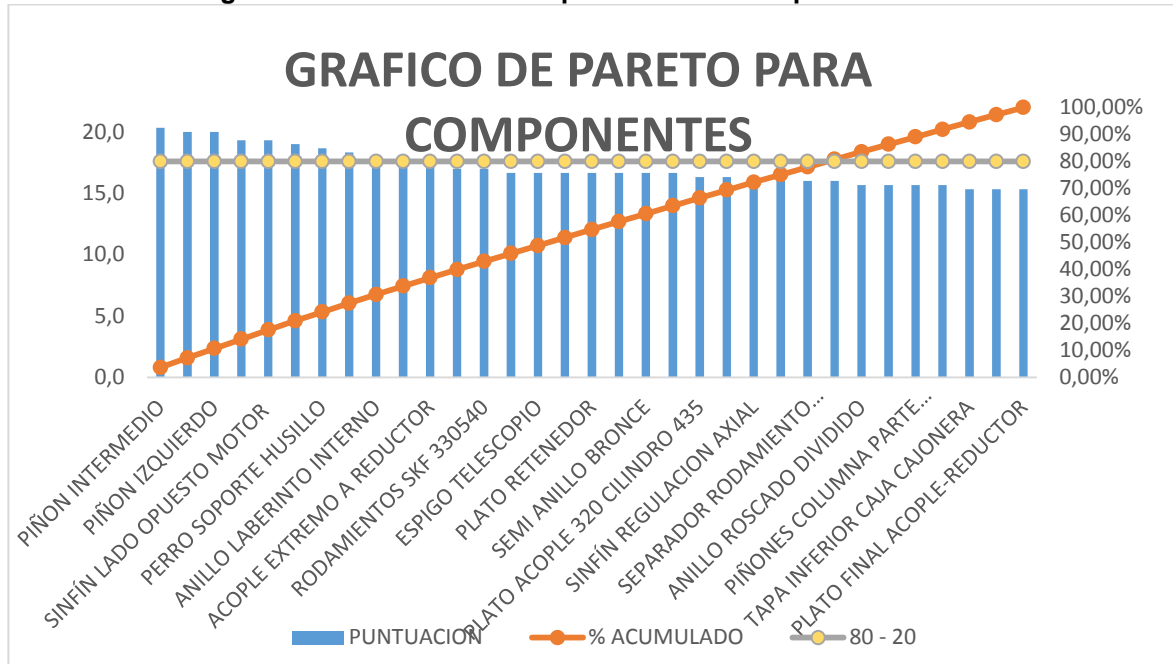
Dicho esto, las tareas correspondientes a la gestión de inventarios se relacionan con la determinación de los métodos de registro, los puntos de rotación, las formas de clasificación y los modelos de reinventario, determinados por los métodos de control¹⁰.

De los resultados que arrojó el análisis de criticidad realizado a los componentes de las cajas, se evidenció que son 32 el número total de componentes que representan una criticidad alta y por ende requieren una gestión de inventario correcta para asegurar su disponibilidad cuando se requieran. Debido a lo dispendioso que puede llegar a ser el proceso para 32 componentes, se planteó el proceso de la gestión de inventarios para aquellas piezas que representen un mayor nivel de criticidad en cada uno de los factores evaluados, es decir, las más críticas de las críticas, este análisis se realizó mediante una representación gráfica por diagrama de Pareto con el objetivo de determinar a qué piezas tener en cuenta en el modelo planteado inicialmente. La idea de este proceso es dejar un punto de partida con la que los colaboradores se familiaricen y posteriormente procedan a realizar la gestión para los componentes restantes. A continuación se presenta el diagrama de Pareto y los resultados obtenidos.

⁹ ADMINISTRACION y contacto. "Inventario de Repuestos". {En Línea}. {10 de Julio de 2017}. Disponible en: <http://www.imatenas.com/articulos/inventarioderepuestos>.

¹⁰ SALAZAR, Bryan. "Gestión de Inventarios". {En Línea}. {05 de Julio de 2017}. Disponible den : <https://logisticayabastecimiento.jimdo.com/gesti%C3%B3n-de-inventarios/>

Figura 19: Gráfico de Pareto para análisis de repuestos críticos



Fuente: Autores, 2017.

En total son 9 los componentes que pueden presentar mayor posibilidad de paros o demoras en el proceso de mantenimiento ya sea por falta de disponibilidad o por mal estado, estos son:

Tabla 7: Repuestos críticos a considerar en el sistema de inventarios propuesto

1.	PIÑÓN INTERMEDIO	6.	HUSILLO COLUMNAS CAJAS
2.	PIÑÓN CORONA	7.	PERRO SOPORTE HUSILLO
3.	PIÑÓN IZQUIERDO	8.	SEMI ANILLO DE BRONCE
4.	SIN FIN LADO MOTOR	9.	ANILLO LABERINTO INTERNO
5.	SIN FIN LADO OPUESTO MOTOR		

Fuente: Autores, 2017

Una vez determinados los componentes a los cuales inicialmente se les realizará el modelo propuesto para una adecuada gestión de inventarios y, teniendo en cuenta que, en el taller de guías no se cuenta con registros de la información requerida en dicho proceso, se procede a la realización de la documentación necesaria para la creación de un banco de datos que se alimente continuamente de acuerdo al movimiento de repuestos que se maneje en el taller y registrarlo,

para de esta manera contar con información actualizada que permita tener a la mano los datos requeridos en todo el proceso.

7.3.1 Propuesta para el mejoramiento y control del inventario de repuestos críticos

Para generar una gestión de inventarios adecuada, se requiere de datos de entrada los cuales deben haber sido registrados previamente. Debido a que no se cuenta con dicha información es importante proponer que se implementen ciertos formatos con el fin de que a determinado plazo, se cuente con la información necesaria para determinar los datos de entrada y así poder diligenciar la planilla de manejo de inventarios críticos propuesta.

Es importante tener un buen control de inventarios y con mayor eficacia de repuestos críticos porque se logra reducir el tiempo en el cual se realiza el mantenimiento de las cajas, es más confiable el proceso de producción y se reducen las paradas no programadas.

La administración de inventarios tiene como meta, conciliar o equilibrar los siguientes objetivos:

- Maximizar el servicio al cliente
- Maximizar la eficiencia de las unidades de compra
- Minimizar la inversión en inventarios

Para la administración del inventario se debe tener en cuenta cada uno de los movimientos de repuestos que se realicen (ingreso o egreso), pedidos a proveedores, los tiempos de llegada, la cantidad requerida, entre otros datos. También hay un punto que se debe tener muy en cuenta, consiste en que el inventario físico debe coincidir con el registro que se maneje en el sistema.

Para la información requerida anteriormente, existe la necesidad de instaurar un eficiente manejo de transacciones y registros referentes al uso de repuestos, de tal manera que la información esté disponible cuando se requiera para el posterior análisis de los factores que influyen en la administración de inventarios.

La propuesta plantea los siguientes formatos de seguimiento:

7.3.1.1 Toma del inventario físico

Debido a que actualmente en el taller se cuenta con una bodega de repuestos y no se tiene un control sobre ellos, la tarea inicial es realizar una toma del inventario y así saber los repuestos críticos con los que se cuenta actualmente para poder alimentar una base de datos formal, verídica y oficial, la cual sirve como base para una adecuada gestión de inventarios.

La toma física de inventarios requiere a dos colaboradores, mientras uno diligencia los parámetros requeridos del formato, el otro colaborador es el encargado de buscar la cantidad de repuestos anotados. Ver **ANEXO E – 1: MANEJO DE INVENTARIOS**.

7.3.1.2 Formato de requisición de materiales a taller

Una vez se haya realizado la primera parte del mantenimiento, es decir la revisión de cada una de las partes, es necesario solicitar los repuestos necesarios ya sea a taller o al almacén. Debido a que los repuestos que no tienen seguimiento ni registro son los que se solicitan a taller, se propone un formato de requisición de materiales a taller. Es un documento en el cual se solicitan los materiales necesarios para continuar con el mantenimiento de las cajas de laminación.

Cualquier entrega de materiales por el empleado encargado debe ser respaldada por el facilitador de rutina. Cada requisición de materiales, muestra el número de orden de trabajo, cantidades y las descripciones de los materiales solicitados. Ver **ANEXO E – 1: MANEJO DE INVENTARIOS**.

7.3.1.3 Formato de requisición de materiales a proveedores

Debido a lo anteriormente mencionado acerca de variables a tener en cuenta para realizar un apropiado sistema de inventarios, se observa la necesidad de crear un documento en el cual se registre información acerca de la requisición de materiales a proveedores donde se llevaría registro de variables como tiempos de entrega y características de proveedores según los repuestos requeridos.

El documento presenta parámetros importantes a la hora de solicitar un repuesto como el código SAP, código Meridian (código del plano), observación adicional y fecha de llegada del repuesto. **ANEXO E – 1: MANEJO DE INVENTARIOS**.

7.3.1.4 Formato de Manejo de Entrada y Salida de Repuestos.

Este formato se planteó con el objetivo de registrar los movimientos tanto de entrada al taller como de salida de todos los repuestos críticos a los que se les debe llevar este control. Esta plantilla realizada en una hoja de cálculo de Excel en la que, ingresando los datos requeridos, va actualizando automáticamente cuántas unidades se tienen en stock de cada componente para de esta manera, llevar un control sobre el inventario existente y estar atentos para cuando sea necesario hacer una orden de compra. Ver **ANEXO E – 2: REGISTRO ENTRADA Y SALIDA DE REPUESTOS.**

7.3.1.5 Formato para manejo de Inventario de Repuestos Críticos.

En el formato de inventario de repuestos críticos se llevará el manejo de inventarios de repuestos como tal, es decir, en este se llevará el registro de los datos históricos requeridos para calcular cada uno de los parámetros establecidos por el modelo de inventario allí propuesto. Es importante tener en cuenta que dentro de este proceso una adecuada actualización del formato de registro de entrada y salida de repuestos será fundamental para obtener resultados más confiables pues servirá como punto de partida para la interpretación de los datos consignados en el presente formato. Ver **ANEXO E – 3: INVENTARIO REPUESTOS CRÍTICOS.**

7.3.2 Modelo propuesto de inventarios de revisión continua (MODELO Q)

Stocks, existencias e inventarios.

Se entiende por Stocks un conjunto de artículos que se tienen almacenados para su venta o utilización posterior. La gestión de stocks consiste en el control de los niveles de repuestos depositados en el taller y su interés se debe a que es una de las facetas empresariales en la que es más factible reducir gastos, consecuentemente o aumentar beneficios.¹¹

A través del tiempo muchas han sido las teorías acerca de si es conveniente para las organizaciones llevar todo un programa de gestión de inventarios o simplemente contar con grandes cantidades de stocks para ser eficientes y prestar

¹¹ BASTIDAS, Edwin. “Énfasis en logística y cadena de abastecimiento, Guía 11”. {En Línea}. {10 de julio de 2017}. Disponible en:

un buen servicio al cliente, en este caso, el cliente se entiende como el proceso productivo. Actualmente, se evidencia que una empresa que gestiona sus existencias de manera eficiente está mejor preparada para afrontar cualquier tipo de crisis que se presente lo que hace pensar que los stocks son necesarios, pero también lo es una gestión eficiente del inventario tendiente a determinar su tamaño adecuado con el objetivo de minimizar costos teniendo en cuenta que:

- Un bajo nivel de inventario de repuestos críticos en el taller puede ocasionar retrasos en los planes de mantenimiento de las cajas lo que disminuye su disponibilidad o demoras en el proceso por falta de repuestos para los equipos únicos.
- Un alto nivel de inventarios de repuestos críticos puede ocasionar altos costos lo que lleva a desperdicios de los recursos financieros y disminución del margen de utilidades.

Partiendo de los planteamientos anteriores, se propone un sistema de gestión de inventarios de revisión continua o también conocido como Modelo Q, un sistema de administración de inventarios en el cual se conoce en cada instante el número real de repuestos en Stock puesto que cada que se utiliza un repuesto o se recibe un pedido se registra el movimiento.

En el **ANEXO E – 4: Especificaciones de Aplicación Modelo Q**, se explican a detalle cada uno de los datos históricos necesarios para comenzar a manejar un modelo Q y los datos a calcular para llevar una adecuada gestión dentro del taller, en este se presentan características, métodos de cálculo y la política de inventarios que maneja este sistema de forma clara y concisa de forma tal que sea de fácil entendimiento para los colaboradores involucrados en su puesta en marcha, además se presenta información útil que complementa la ya existente a cerca del proceso a establecer para una gestión eficiente del inventario de repuestos críticos.

7.4 GESTIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN TECNICA

Una parte primordial en el diseño de un programa de mantenimiento preventivo es la documentación técnica que se maneje de los equipos, en este caso, el tren no cuenta con este tipo de información principalmente porque no se manejan documentos donde se plasmen registros de las actividades de mantenimiento que se realizan en las cajas, es por ello que se plantea un sistema de documentación que contenga, hojas de vida, fichas técnicas, cartas de lubricación, formatos de

tratamiento de falla, check list, que sirvan como un método para llevar de forma organizada los datos del estado de cada equipo y llevar trazabilidad de los tipos de fallas que han ocurrido en éstos para evitar a futuro se sigan presentando y procurar un proceso productivo mucho más confiable.

Es por ello que se propuso un sistema de documentación útil y fácil de manejar para los colaboradores que intervienen en el mantenimiento, que consta de los siguientes formatos:

7.4.1 Registro de inventario de equipos

Se trata de un documento propuesto cuya finalidad es llevar un registro del número total de cada tipo de cajas laminadoras, su manejo se fundamenta en que inicialmente no se tenía un dato preciso de esta información y es necesaria debido a que hoy en día se construyen cajas dentro del taller haciendo necesario llevar registros actualizados de dicha información. Adicionalmente se manejan datos como el código de la máquina, identificación del equipo, fecha de adquisición, frecuencia de mantenimiento y la documentación que es manejada para llevar control de sus intervenciones en mantenimiento. Ver ***ANEXO F – 1. Registro de Inventario de Equipos.***

7.4.2 Hojas de vida para equipos

Las hojas de vida permiten llevar un registro detallado de todo el historial de intervenciones que ha tenido lugar en las máquinas y de esta manera poder establecer las partes más propensas a daños por desgaste que puedan generar averías inesperadas. Incluye información como: Registro de intervenciones o actividades realizadas en las cajas, tiempo de duración de dichas intervenciones, la fecha en la que se realizó, control de consumibles que incluye la descripción y la cantidad de materiales utilizados en su intervención, en caso de reportar fallas, se registra el tipo de falla que se presentó y la acción a realizar para corregirla. Ver ***ANEXO F – 2. Hojas de Vida para Equipos.***

7.4.3 Fichas Técnicas de equipos

El formato de ficha técnica expone las características principales de cada equipo, pueden ser características tanto de diseño como puede ser el modelo, marca, dimensiones y peso como características técnicas y de funcionamiento como tipo de trabajo realizado, sistemas que componen el equipo, componentes críticos,

sistemas de transmisión, recomendaciones a la hora de hacer mantenimiento entre otras más, todas ellas con el fin de recopilar los datos más sobresalientes que afectan al mantenimiento en el momento de realizarse. Ver **ANEXO F – 3. Fichas Técnicas para Equipos.**

7.4.4 Formatos de control de lubricación

Las cartas de lubricación tienen como propósito registrar cada una de las actividades de lubricación que tienen lugar en cada componente de las cajas que así lo requiera (rodamientos), se trata de actualizar los datos de las partes que se lubrican en cada intervención, tipo de lubricantes a utilizar, la cantidad de lubricante, el tiempo que dura el procedimiento y la frecuencia en la que se realiza la acción para de esta manera dar cumplimiento a las labores de lubricación de componentes que se encuentran en movimiento constante, labores indispensables para asegurar un óptimo desempeño de las cajas y cuidado de sus sistemas principales. Ver **ANEXO F – 4. Control de Lubricación**

7.4.5 Formatos de registro y tratamiento de fallas

El formato de registro y tratamiento de fallas tiene como finalidad recopilar información acerca de alguna falla presentada de cualquier tipo en las cajas laminadoras, realizar un detalle de las posibles causas que dieron lugar para que se presentara y establecer medidas de cómo se podría evitar que apareciera nuevamente en los equipos. Incluye información como descripción de la falla, observaciones generales del momento en que se presentó, análisis de sus causas y acciones preventivas para evitar su ocurrencia. Ver **ANEXO F – 5. Registro y Tto de Fallas.**

7.4.6 Orden de trabajo

El formato de orden de trabajo es un documento escrito que manejará el facilitador de rutina y ha de ser entregado a la persona encargada del mantenimiento de las cajas y sus componentes con el objetivo de describir detalladamente las intervenciones que se le realizan a cada una de ellas. En este documento se plasmará información relevante a cerca de las actividades que se realizan durante el mantenimiento, el tiempo que tarde, los repuestos y la cantidad de los mismos que se consumen, el nivel de finalización del trabajo y datos de quien realiza y aprueba el trabajo.

Dependiendo el caso, puede haber órdenes de trabajo correctivas o preventivas: El manejo de la orden de trabajo de tipo correctiva tendrá lugar en el momento en que un equipo presente alguna avería, el colaborador que la detecte deberá informar a su superior para generar la respectiva orden de trabajo e indicar la avería que se presentó para posteriormente programar las actividades que se requieran y trasladar esta orden al encargado de mantenimiento. La orden de trabajo de tipo preventiva se emitirá de acuerdo al programa de mantenimiento preventivo establecido, es decir, en el momento en que una máquina requiera entrar a mantenimiento programado. En el **ANEXO F – 6. Órdenes de Trabajo**, se presenta el formato propuesto y se especifica el procedimiento que ha de realizarse en caso de presentarse algún fallo no programado en alguna máquina durante su funcionamiento.

7.5 EVALUACION Y ANALISIS DE LOS MODOS Y EFECTOS DE FALLA EN LOS EQUIPOS

El análisis de Modo y Efecto de Fallas, nació en Estados Unidos a finales de la década del 40. Esta metodología desarrollada por la NASA se creó con el propósito de evaluar la confiabilidad de los equipos, en la medida en que determina los efectos de las fallas de los mismos.¹²

Se considera como una herramienta de apoyo demasiado útil en ingeniería de calidad para prevenir fallos futuros en el diseño de productos y en nuestro caso, en ingeniería de mantenimiento, como ayuda para la identificación y control de fallas potenciales que puedan comprometer la calidad del producto debido a daños o desbalances en los equipos durante el proceso productivo. El AMEF puede aplicarse a: Desarrollo de productos, procesos y sistemas.

7.5.1 Ventajas del AMEF

Esta herramienta de análisis es considerada como una de las más útiles en la detección de fallas en procesos debido a que representa ventajas como por ejemplo:

- ✓ Permite conocer a fondo el proceso en el que se está trabajando
- ✓ Identificar los efectos que puede generar cada falla posible

¹² SALAZAR, Bryan. “Análisis del Modo y Efectos de Falla (AMEF)”. {En Línea}. Noviembre de 2016. {30 de Mayo de 2017} disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>

- ✓ Evaluar el nivel de criticidad (índice de Prioridad)
- ✓ Documentar los planes de acción para minimizar los riesgos
- ✓ Identificar oportunidades de mejora
- ✓ Considerar la información que se derive de este análisis como recurso de capacitación en el proceso.

Así pues, se aplicará el análisis de modos y efectos de falla para evaluación de procesos, el cual corresponde a un procedimiento cuya finalidad es identificar y estudiar los modos de falla potenciales que puedan alterar el proceso de laminación mediante la clasificación y priorización de cada uno de sus efectos de falla para posteriormente establecer su nivel de importancia y de esta manera evitar su ocurrencia.

7.5.2 Pasos para la realización de un AMEF

Cuando se habla de **Modos de Falla** se refiere a la manera en cómo una etapa del proceso puede afectar las condiciones de aceptabilidad del producto en etapas posteriores de dicho proceso y los **Efectos de Falla** se entienden como el impacto que se tiene sobre el proceso siguiente cuando un modo de falla se materializa.

Para la aplicación del análisis de modos y efectos de falla se tuvo en cuenta 5 procedimientos que llevarán a la identificación de las fallas que representan paradas no programadas que consumen gran cantidad de tiempo y dinero, se presentan a continuación:

7.5.2.1 Elaborar un diagrama causa-efecto

Figura 20: Diagrama causa efecto para los fallos presentados en el tren



Fuente: Autor, 2017.

7.5.2.2 Enumerar todos los posibles modos de falla

Con el fin de identificar los modos de falla que se pueden presentar en el proceso, es necesario recopilar información acerca de las fallas más recurrentes de las que se tienen registro y que representan paradas no programadas lo que lleva a retrasos en la producción. Esta información se recopiló gracias a los históricos que se registran en la hoja de marcha que maneja cada operario del tren y permite obtener información como el tipo de falla que se presenta, el tiempo que demora resolverla y la observación del procedimiento que se realiza para la puesta en marcha del tren.

En este caso, se identificaron los modos de falla que ha tenido el tren en los últimos 6 meses de operación debido a que son fallas reiterativas y se considera que en este lapso de tiempo se encuentran un mayor número de ellas. Ver **ANEXO G – 1: Históricos de Fallas del Tren**. En este, se presenta la lista de los modos de falla reportados para su posterior análisis, con el procedimiento realizado en el momento de la avería para su solución.

7.5.2.3 Establecer su índice de Prioridad

El índice de prioridad es el valor que permite identificar el nivel de importancia del modo de falla que se esté analizando. Para esto, es necesario establecer 3 valores claves a cada modo de fallo para su posterior análisis:

S: Nivel de Severidad, que corresponde a la gravedad del fallo que es percibido por el operario o facilitador.

O: Nivel de Incidencia, corresponde a la probabilidad de que ocurra el fallo.

D: Nivel de detección, corresponde a la probabilidad de no detectar el error antes de que el producto en proceso pase a la siguiente etapa.

Como se mencionó anteriormente, a cada modo de fallo se le asigna un valor de S, O y D que varía entre 1 y 10. Posteriormente se multiplican estos 3 valores para obtener el NPR o índice de prioridad de fallo que arrojará un valor entre 1 y 1000. En el **ANEXO G – 2: Procedimiento AMEF**, se muestra el procedimiento realizado con los modos de falla obtenidos en el proceso de laminación y su respectivo índice de prioridad:

7.5.2.4 Priorizar los modos de Fallo

Una vez se haya calculado el NPR para cada uno de los modos de falla estudiados, se procede a clasificarlos de mayor a menor teniendo en cuenta que

los modos de falla que primero se tratarán corresponden a los que obtuvieron un mayor NPR. En este caso, cuando el NPR es superior al promedio, es decir, mayor a 88 es un claro indicador que es necesario buscar e implementar actividades de corrección y prevención para disminuir la ocurrencia de fallas.

En el **ANEXO G – 2. Procedimiento AMEF; PRIORIZACION** se presentan los modos de fallo con mayor índice de prioridad.

7.5.2.5 Ejecutar acciones preventivas o de mejora para su solución

Ya establecida la prioridad de los modos de falla, se procede a plantear y ejecutar acciones preventivas y de mejora enfocadas tanto a las fallas como a sus causas con el fin de disminuir la ocurrencia de cada una de ellas así como establecer un método de registro de información que permita controlar cada intervención que se realiza a las máquinas. Se recomienda asignar personal capacitado y responsable de estas tareas así como de asignar fechas de revisión que midan la eficacia del análisis.

Este método permite realizar cada una de las etapas descritas anteriormente de forma reiterativa, como un procedimiento de mejora continua para minimizar la ocurrencia de fallos dentro del tren. Una vez se han aplicado las acciones de mejora para cada modo de falla y se establece un valor tolerable para cada NPR, como método de control se vuelve a realizar el análisis para verificar si dichas acciones presentan mejoras o por el contrario no han sido suficientes para optimizar el funcionamiento de los equipos, de esta manera se puede contar con información relevante para tener mayor conocimiento del proceso y apoyarse en ésta para capacitar a los colaboradores.

7.6 PLANIFICACION DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

La planificación y programación de las actividades que se deben llevar a cabo para procurar un adecuado funcionamiento de los equipos constituye una parte esencial a la hora de hablar de mantenimiento preventivo, pues con éstas se busca programar revisiones periódicas ya sea por tiempos de funcionamiento de las laminadoras o por paradas programadas establecidas previamente en el tren. La idea de empezar a implementar revisiones programadas es buscar reducir lo máximo posible todas aquellas fallas que se puedan presentar en las máquinas, lo que se traduce en que, en lugar de sacar una laminadora de funcionamiento por

una falla no detectada a tiempo, se planea con anterioridad el tiempo que deberá transcurrir antes de llevarla al taller para realizarle una revisión exhaustiva de sus sistemas y componentes, asegurando con esto no solamente que se disminuyan los tiempos muertos por paradas no planeadas sino también cumplir con las necesidades de calidad de producto evitando así los re procesos del material al contar con cajas en óptimas condiciones de producción.

Para lograr lo anterior, se recurrió a establecer actividades con las que se pueda verificar el estado de las cajas laminadoras que se encuentran en proceso en determinados períodos de tiempo. Estos períodos de tiempo están sujetos a las paradas programadas por cambios de perfil que se programen en el tren, de esta manera las labores de mantenimiento se coordinan de forma tal que no afecten los tiempos de producción estipulados y se aproveche al máximo el tiempo transcurrido en dichos cambios.

Estas actividades incluyen:

7.6.1 Check List de Inspección para Cajas

Realizar un **check List** de inspección para las cajas laminadoras; este documento contiene los parámetros que se pueden revisar sin necesidad de hacer una intervención en las cajas, el objetivo de utilizarlo es verificar que los componentes que se podrían haber desajustado durante el cambio de perfil y aquellos a los que se les puede realizar inspección visual, estén en óptimas condiciones para comenzar con el siguiente lote de producción, en él se van registrando las conformidades o no conformidades que se puedan tener en los componentes o sistemas que observen tanto el colaborador que entrega el trabajo como el que lo recibe y de esta manera prestar atención a cualquier necesidad de mantenimiento que se pueda presentar. Ver **ANEXO H – 1: Check list para cajas.**

7.6.2 Check List de Inspección para el Desbaste

De igual forma, se planteó la realización de inspecciones planeadas a las partes del desbaste a las que se les pueda llevar a cabo inspección visual utilizando para ello el formato propuesto para tal fin que contiene los parámetros a controlar en cada revisión y permite registrar si el equipo o sus componentes presentan alguna falla o por el contrario está en correcto estado de funcionamiento. Estas inspecciones también tendrán lugar mientras se esté realizando cambio de perfil del tren. Ver **ANEXO H – 2: Inspección del desbaste.**

7.6.3 Cronograma de Mantenimiento

La elaboración de un cronograma de mantenimiento se realiza con el fin de tener el control y la información acerca del tiempo estimado de mantenimiento de las cajas de laminación. Ver **ANEXO H – 3: Cronograma de Mantenimiento**.

Para la realización de dicho cronograma se deben tener en cuenta 3 aspectos principales:

- **Tiempo de mantenimiento:** El tiempo estimado de mantenimiento que se obtuvo y se evidencia en el plan de mantenimiento establecido corresponde a 9085 minutos según horario laboral y turnos existentes, lo que equivale a 1 mes aproximadamente
- **Rotación de cajas dentro del tren:** Es importante tener en cuenta que en varias ocasiones una caja puede durar sólo unos pocos días en proceso (2 días) y salir del tren para ser llevada al taller y esperar a que se vuelva a requerir en proceso nuevamente, esto debido a que no todas las cajas del tren son requeridas para la producción de ciertos perfiles, hecho que hace muy difícil que se pueda cumplir a cabalidad con un cronograma de mantenimiento establecido y mucho menos con una frecuencia estricta de mantenimiento.
- **Orden establecido en el taller para el mantenimiento de Cajas:** Actualmente, los facilitadores y colaboradores manejan un orden establecido para el mantenimiento de cada tipo de caja que se establece a partir de apuntes que se manejan en una bitácora cuando se interviene un equipo.

Debido a la variabilidad constante que se tiene de los equipos dentro del tren, crear un cronograma que establezca una frecuencia de mantenimiento estricta y proponer fechas de inicio y final del mismo no representaría valor agregado pues no se estaría teniendo en cuenta las necesidades de disponibilidad de tipos de cajas dentro del tren.

Por esto, se propone un formato de cronograma en el cual los colaboradores vayan controlando las fechas en las que entra una caja a mantenimiento y llevando seguimiento del tiempo que este dure, para programar tanto la próxima caja que entrara al taller, estudiando las variables antes mencionadas, como las actividades de mantenimiento a realizar. Para esta rotación es recomendable tener en cuenta tanto los datos arrojados por el Check list de puesta en marcha de las cajas como de la antigüedad que una caja lleve en el proceso, de esta manera se aconseja programar mantenimiento primero a las cajas que hayan arrojado

anomalías y que lleven un mayor número de horas trabajadas en el proceso. Para controlar esta antigüedad se propuso un formato de seguimiento a cajas dispuesto en el ***ANEXO H – 3: Cronograma de Mantenimiento hoja 2.***

7.6.4 Plan General de Mantenimiento para cajas

Por último, se estableció el plan de mantenimiento general para las cajas laminadoras y el desbaste. En él se plasman cada una de las actividades que componen la rutina de mantenimiento que se deberá llevar a cabo en los tiempos establecidos por el cronograma y los tiempos aproximados de duración de cada operación. Para darle cumplimiento a este programa, se plasmó la información en formatos que se dispondrán en el taller de guías con el fin de que todo colaborador involucrado en el mantenimiento de los equipos conozca las labores a realizar y de esta manera se genere un estándar de mantenimiento. Ver ***ANEXO H – 4. Plan de mantenimiento de equipos.***

7.7 DEFINICION DE LAS POLITICAS DE MANTENIMIENTO

Las políticas de mantenimiento pretenden orientar las actividades a realizar en los equipos de manera integrada y organizada con el fin de que todas las células de la empresa involucradas participen y así garantizar la confiabilidad en las máquinas y en el proceso.

7.7.1 Políticas de mantenimiento establecidas

- Los gerentes, gestores y facilitadores promueven la gestión de mantenimiento, de acuerdo con lo establecido por los estándares.
- El proceso de mantenimiento debe ser realizado de forma integrada, con la participación de las células de mantenimiento, producción, almacén, suministros e ingeniería.
- Las acciones realizadas por el mantenimiento están alineadas con las estrategias de la organización, y dan énfasis a la seguridad y al medio ambiente.
- La gestión del mantenimiento estandariza sus procedimientos y busca las mejores prácticas, la mejora continua y la excelencia.
- La documentación técnica de los equipos es realizada de forma continua y estructurada y en un ambiente propicio para la participación.

- La gestión de mantenimiento inicialmente se basará en los principios del mantenimiento preventivo teniendo en cuenta que el avance a los tipos de mantenimiento más modernos es necesaria.
- Las actividades de rutina de mantenimiento vinculadas al proceso productivo deberán ser realizadas por personal propio.

Estas políticas deberán ser socializadas con todo el personal involucrado y divulgadas en sitios visibles para procurar el cumplimiento de las mismas pues se consideran importantes en el área debido a que se debe comenzar a ver la gestión de mantenimiento como un proceso complementario al de producción que garantiza el cumplimiento de metas productivas y no como un gasto al cual se le destinan recursos y tiempo sólo cuando un equipo presente alguna avería.

7.8 INDICADORES DE SEGUIMIENTO Y CONTROL

El programa de seguimiento y control planteado para la célula de mantenimiento del tren está relacionado con la medición de sus operaciones mediante la aplicación de indicadores que permitan establecer en qué nivel de eficiencia se encuentran actualmente y la manera de medir el éxito o el fracaso que se tenga a futuro con los planes de mejora continua que se establezcan para aumentar el rendimiento de los equipos, con la idea de que sólo se puede mejorar aquello que se puede medir.

Un indicador se puede definir, de forma simple, como una medida cuantitativa del grado de satisfacción de un requerimiento¹³. La importancia de comenzar a manejar indicadores para el programa de mantenimiento que se propone radica en que permiten, a los colaboradores involucrados en el proceso, tener una idea de cómo se encuentra el proceso respecto a los objetivos planteados en el área y en la toma de decisiones para establecer medidas de mejora con base en los controles respectivos que se realicen.

Para lograr que estas mediciones se realicen de manera asertiva, hay que tener cuidado con la elección de los indicadores a utilizar, pues se puede correr el riesgo de elegir aquellos que no aporten ningún tipo de información útil y no representan más que sólo datos que, al ser procesados, se obtenga a cambio otros datos. Varios autores coinciden con que un número prudente para comenzar a manejar indicadores dentro de un área de trabajo es 5 pero es recomendable trabajar

¹³ CONTEC, Ltda. "Indicadores para la gestión del mantenimiento.". {En Línea}. {15 de Junio de 2017} disponible en: <http://www.contec.cl/images/PDFs/MSCPKPI.pdf>

tantos indicadores como objetivos se planteen, en el caso de laminación, se plantearán 6 indicadores para comenzar a establecer las medidas de seguimiento y control; 3 de ellos indicadores “Básicos” y los 3 restantes son llamados indicadores “Elaborados”.

Inicialmente se enunciarán los indicadores propuestos y sus expresiones matemáticas para su cálculo, luego se establecerá un método de procesamiento para esta información.

7.8.1 Indicadores Básicos

Como su nombre lo dice, estos indicadores representan las unidades de medida esenciales que se deben utilizar en los programas de seguimiento y control de las organizaciones, o áreas de estas, con el propósito de representar cuantitativamente el grado de eficiencia de un equipo o sistema. Para comenzar a manejar indicadores en el tren 3 de laminación, los indicadores básicos representan un excelente punto de partida en la medida que, se comprenda, que tener un referente numérico que permita establecer parámetros aceptables en cuanto a la eficiencia que debe tener el proceso, aumenta la capacidad de respuesta frente a situaciones adversas que se presenten durante el funcionamiento de los equipos lo que genera un proceso de retroalimentación constante en cada colaborador involucrado que por un lado, aumente el nivel de conocimientos básicos que se debe tener cada uno para el correcto funcionamiento del tren y, por otro lado, se pueda aportar desde la experiencia a la solución de problemas de manera que se enriquezca el proceso de mejora continua que se plantea.

Los indicadores Básicos, mediante los cuales se puede evaluar si el método y sistema de medida establecido es o no el adecuado, son los siguientes 3 reconocidos: CONFIABILIDAD, DISPONIBILIDAD Y MANTENIBILIDAD.

7.8.1.1 Confiabilidad: Representa la probabilidad que un equipo funcione en óptimas condiciones durante un período de tiempo establecido bajo condiciones estándar de operación. Al manejar parámetros de confiabilidad en un equipo o sistema, se obtiene información valiosa a cerca de la condición de dicho equipo mediante el manejo de dos indicadores clave en este aspecto que son el MTBF (Tiempo medio entre fallas) y el MTTR (Tiempo medio para reparar).

El **MTBF** se entiende como el intervalo de tiempo que transcurre hasta la aparición de un fallo, es decir, el tiempo en el que el equipo o sistema queda disponible para producir y se obtiene mediante la siguiente ecuación matemática:

$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^n TBF}{n}, \text{ donde}$$

TBF = Tiempos entre fallas

n = Número de fallas presentadas en un período establecido

El **MTTR** corresponde al tiempo medio que demora reparar un equipo o poner en marcha un sistema y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^n TTR}{n}, \text{ donde}$$

TTR = Tiempos para reparar.

El MTTR generalmente depende de¹⁴:

- La facilidad del equipo o sistema para realizarle mantenimiento
- La capacitación profesional de quien realice la intervención
- De las características de la organización y planificación de las tareas de mantenimiento.

El MTTR generalmente puede tener dos enfoques: por un lado representa el tiempo medio para reparar o revisar obtenido mediante la ecuación N°1 y los tiempos totales de indisponibilidad por fallos o revisiones obtenido por la ecuación N°2; hecho que hace que el personal de mantenimiento reduzca los tiempos por indisponibilidad tanto como sea posible.

ECUACIÓN N°1

$$MTTR1 = \frac{\# \text{ Horas reparando}}{\# \text{ de paradas}}$$

ECUACION N°2

$$MTTR2 = \frac{\# \text{ horas por parada} + \text{ tiempo muerto}}{\# \text{ de Paradas}}$$

¹⁴ MESA GRAJALES, Dairo. "La confiabilidad, disponibilidad y Mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento". {En Línea}. {10 de Junio de 2017} disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4830901.pdf>

La confiabilidad dependerá entonces, del control que se realice en cada uno de estos indicadores de manera que, entre mayor sea el MTBF y menor sea el valor del MTTR, mayor es la confiabilidad del sistema que se trabaje.

7.8.1.2 Disponibilidad: La disponibilidad corresponde al porcentaje de tiempo que un equipo o sistema esté disponible para cumplir a cabalidad con las funciones para las cuales fue diseñado en un período determinado. Matemáticamente, la disponibilidad se define como la relación existente entre el tiempo en el que el sistema está funcionando y el tiempo total de reparación, de la siguiente manera.

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

7.8.1.3 Mantenibilidad: En términos probabilísticos, la mantenibilidad es definida como la probabilidad de restablecer a condiciones óptimas de funcionamiento un equipo o sistema que ha fallado, dentro de un tiempo deseado realizado bajo parámetros de mantenimiento predefinidos. Así pues, un equipo será altamente mantenible cuando el esfuerzo para su reparación sea baja, por ello, se considera un factor que contribuye a la disponibilidad del equipo o sistema en la medida en que se pueda reducir tanto el tiempo de reparación como los recursos utilizados en la misma. La mantenibilidad puede ser estimada por medio de la siguiente expresión:

$$M = 1 - e^{-\mu.t}, \text{ donde}$$

e = Constante Neperiana (e=2.303)

μ = Tasa de reparaciones o número total de reparaciones efectuadas con relación al número total de horas de reparación del equipo.

t = Tiempo previsto de reparación.

7.8.2 Indicadores Elaborados de Eficiencia¹⁵

Los indicadores elaborados representan un complemento a la aplicación de los indicadores Básicos de manera que, permiten visualizar diversos aspectos de la gestión en materia de mantenimiento que realiza el área de laminación, lo que permite crear controles más eficaces actualmente y que se ajusten a programas de mantenimiento más rigurosos que se planeen a futuro.

Los indicadores elaborados planteados para su aplicación corresponden a los siguientes:

7.8.2.1 Repetitividad de Fallos: Este indicador mide las veces que un determinado número de fallos se repite porcentualmente, en mayor medida respecto a los fallos totales que se presenten. Asimismo permite tener una idea de la calidad con la que se realizan las reparaciones y lo asertivo que es el personal de mantenimiento en la comunicación de anomalías. Se mide mediante la siguiente expresión matemática:

$$RF = \frac{\text{Número de averías repetitivas}}{\text{Número de averías Totales}}$$

7.8.2.2 Número de Averías sin fallo localizado: Este indicador, proporciona el número de fallos que se presentan por averías “fantasmas”, que no proporcionan información acerca de las causas que originaron el fallo, sólo las anomalías que fueron detectadas por los colaboradores. Establecer un valor que mida el número de apariciones de este tipo de fallos con información relevante acerca del mismo, permite establecer medidas de seguimiento para reducir tanto su frecuencia de aparición como los tiempos perdidos y de esta manera, a futuro complementarlas con programas de mantenimiento actuales para su erradicación dentro del proceso. Este indicador se calcula de la siguiente manera.

¹⁵ GONZÁLEZ FERNANDEZ, Francisco. Auditoría del Mantenimiento e indicadores de Gestión. Madrid: Fundación Confemetal, 2010. 59p.

$$AFL = \frac{\text{Número de averías sin localizar fallo justificado}}{\text{Número de averías totales}}$$

7.8.2.3 Número de Fallos por tiempo de producción: Es un indicador de medida que representa el número de fallos que se presentan en el sistema con respecto a los tiempos de producción establecidos. En la literatura, en este indicador, se habla del daño que se provoca en la producción por presencia de fallos que posiblemente pudieron haber sido detectados a tiempo y que, al no contar con medidas de contingencia adecuadas, provocan indisponibilidades que pueden afectar los objetivos estratégicos de la compañía. Este valor se obtiene de la siguiente manera:

$$NFT = \frac{\text{Paradas de producción por averías}}{\text{Horas teóricas de producción}}$$

7.8.2.4 Indicador de Eficiencia del Mantenimiento: Este valor, mide el grado de eficiencia y calidad que tienen las revisiones preventivas que se les realizan a los equipos y el sistema. Este aspecto permite tener una clara visión acerca de los procedimientos de mantenimiento preventivo que se realizarán en el tren, y ser conscientes que revisar por revisar o intervenir equipos que trabajan a la perfección sólo podría empeorar la situación, se debe destinar recursos y personal a los equipos que presenten fallas reiterativas o aquellos que cumplieron con el período estipulado de producción y deben entrar a mantenimiento. Dicho esto, una vez implementado el programa de mantenimiento preventivo en el área, este indicador dará muestra del resultado de la gestión que se lleve a cabo y generará un punto de partida para las mejoras que tengan lugar en dado caso que los resultados obtenidos tengan opciones de mejora. Su expresión matemática es la siguiente:

$$IEM = \frac{\text{Número de averías tras mantenimientos preventivos}}{\text{Número de averías totales}}$$

Una vez recopilados los datos relevantes para realizar el seguimiento correspondiente es necesario registrarlos y manejarlos de forma tal que su

comprensión se haga mucho más fácil para los colaboradores del tren. Para tal fin, se dispuso de hojas de cálculo en Excel donde se registren los datos necesarios para calcular cada tipo de indicador y de esta manera se genere una base de datos que permita realizar procedimientos de mejora cuando los valores se salgan de los límites tolerables. En el **ANEXO I – 1. Registro de datos para Indicadores** se presenta el modelo planteado para el registro de datos y cálculo de indicadores.

8. CONCLUSIONES

- La ausencia de documentación de mantenimiento a lo largo del tiempo ha impedido realizar un seguimiento a las reparaciones y a los cambios que se han realizado en cada uno de los equipos, lo cual ha generado paradas no programadas y en consecuencia, retrasos importantes en el proceso de producción.
- Realizar un diagnóstico inicial supuso una necesidad dentro de la presente propuesta, pues arrojó las falencias, necesidades y falta de organización existentes en el tren laminador al tener como base un mantenimiento correctivo, por lo cuál fue el punto de partida para plantear una serie de metodologías para la aplicación del mantenimiento preventivo con el fin de mejorar la situación existente.
- La informalidad que se tiene actualmente en el registro de datos de las máquinas es vulnerable a la pérdida de información, a no tener relevancia en el proceso y a falta de información importante. Por ello el planteamiento de formatos necesarios para la trazabilidad del mantenimiento es parte esencial del proyecto pues sugiere un orden y un manejo adecuado de la información que permite tener un mayor conocimiento de actividades críticas dentro del mantenimiento.
- Al revisar el sistema de codificación de equipos que se implementa actualmente en el grupo GERDAU, se ve la necesidad de generar una codificación que complementa la actual, con la que se busca lograr tener plena identificación de la ubicación de cada parte de la caja e iniciar a generar una base de datos que contenga códigos importantes para la identificación de las piezas, ya sea en SAP o mediante código Meridian.
- Al aplicar el modelo de análisis de criticidad, se evidenció la presencia de 32 piezas críticas lo que equivale a un 26% del total de las piezas de las cajas. Dado este resultado, es importante resaltarlas y tener prioridad en cuanto a su manejo de inventarios en almacén.
- El manejo de inventario que existe actualmente en el tren de laminación es empírico, situación que se busca mejorar mediante la propuesta de un sistema de inventarios basado en el método Q, sin embargo no se cuenta con los datos mínimos requeridos, por esto, se ve la necesidad de crear

distintos formatos, los cuales aportan a la organización y estandarización de inventario en almacén.

- Se obtuvo información acerca del registro de fallas que ha presentado el tren durante los últimos seis meses, gracias a ello se pudo realizar un análisis que permitió obtener las fallas más significativas que representan pérdida de tiempo dentro del tren y sugerir acciones para mitigar dichas fallas.
- Se evidenció la insuficiencia de mano de obra en las actividades de mantenimiento en el tren, pues se cuenta con un solo colaborador encargado de realizar el plan de mantenimiento a las cajas y uno para el desbaste, lo que genera cuellos de botella en el mantenimiento de las máquinas.
- Se hace evidente la necesidad de un correcto registro, manejo y organización de la información que se tiene actualmente y la importancia de crear una cultura organizacional que permita, a futuro, una eficiente implementación del mantenimiento preventivo.

9. RECOMENDACIONES

- Concientizar a los trabajadores involucrados en el mantenimiento, de manera progresiva, de la importancia del manejo de los nuevos formatos y sistemas de información para el mejoramiento del sistema actual de mantenimiento, teniendo en cuenta solicitudes e inquietudes de los colaboradores de mantenimiento acerca de la implementación del programa de mantenimiento.
- Ya que no todas las cajas cuentan con la identificación correspondiente, es importante continuar con su identificación de acuerdo a la planteada en los formatos de registro de información, para de esta manera llevar un control detallado de las intervenciones que ha tenido cada una de ellas y procurar tener una trazabilidad lo más certera posible.
- Debido a que cada parte de la caja laminadora cuenta con códigos SAP, Meridian y de ubicación se logró unificar dicha información con los datos existentes, razón por la cual se hace necesario continuar con la actualización de códigos correspondiente para cada componente de códigos Meridian y SAP para facilitar la requisición de materiales.
- Con el fin de empezar a realizar una eficiente gestión de inventarios a repuestos críticos, se recomienda manejar una ubicación estratégica de repuestos en el almacén del taller de acuerdo a la rotación que los mismos tengan en las labores de mantenimiento, siguiendo las recomendaciones planteadas.
- Una de las características principales para la realización del mantenimiento general de las cajas laminadoras es la limpieza que se les debe dar, para ello es recomendable poner en marcha la utilización de una hidrolavadora, en el cuarto de lavado dispuesto actualmente.
- Debido a los tiempos evidenciados en el plan de mantenimiento propuesto, es recomendable capacitar a otro colaborador, con la ayuda de los planes del sistema propuesto, así se lograría aumentar la eficiencia de las actividades de mantenimiento y disminuir los tiempos asignados a éstas.

- Aplicar la gestión de inventarios propuesta para tener la información necesaria en cierto rango de tiempo (6 meses- 1 año debido al comportamiento de la demanda) y continuar con el formato recomendado.
- Dentro de los procedimientos realizados y propuestos el análisis de modo y efectos de falla (AMEF) representa gran utilidad en el tratamiento de todas las fallas registradas en el tren, se recomienda su continuo análisis para períodos establecidos de observación, pues permite el conocimiento de las averías que más tiempos muertos causan en el tren y disponer de recursos y métodos necesarios para la mitigación de las mismas.
- Crear una cultura de seguimiento basada en la mejora continua a partir de datos analizados por indicadores que permitan medir el nivel de eficiencia que tiene las actividades de mantenimiento realizadas y crear procedimientos de reingeniería según las necesidades que se presenten.
- Teniendo en cuenta que se propuso un cronograma de mantenimiento con la información proporcionada del taller, se recomienda tener en cuenta los resultados del Check list de verificación y el tiempo en proceso de cada caja para programar adecuadamente las labores de mantenimiento.

9. BIBLIOGRAFIA

- Intranet Gerdau Diaco. Operación de Intermedio Continuo, Módulo LM-224 [Online]
- Instituto colombiano de normas técnicas y certificación ICONTEC, Barras (y rollos) lisos y corrugados de acero al carbono: NTC 161, Quinta actualización, Editada 2001. Pág: 1-3
- ZARABANDA, Arturo. Planos Cajas laminadoras Danieli, Tuta-Colombia, 2016
- GARRIDO, Santiago García, Organización y gestión integral de mantenimiento, España, Ed. Díaz de Santos, 2003
- Noria Corporation. Traducido por Roberto Trujillo Corona, Noria Latín América, 2014, disponible en: <http://noria.mx/lublearn/importancia-de-la-criticidad-de-la-maquinaria/>
- SALAZAR, Bryan. “Análisis del Modo y Efectos de Falla (AMEF)”. {En Línea}. Noviembre de 2016. {30 de Mayo de 2017} disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>
- ADMINISTRACION y contacto. “INVENTARIO DE REPUESTOS”. {En Línea}. {10 de Julio de 2017}. Disponible en: <http://www.imatenas.com/articulos/inventarioderepuestos>.
- SALAZAR, Bryan. “GESTIÓN DE INVENTARIOS”. {En Línea}. {05 de Julio de 2017}. Disponible den : <https://logisticayabastecimiento.jimdo.com/gesti%C3%B3n-de-inventarios/>
- CONTEC, Ltda. “Indicadores para la gestión del mantenimiento.”. {En Línea}. {15 de Junio de 2017} disponible en: <http://www.contec.cl/images/PDFs/MSCPKPI.pdf>
- GONZÁLEZ FERNANDEZ, Francisco. Auditoría del Mantenimiento e indicadores de Gestión. Madrid: Fundación Confemetal, 2010. 59p.

- BORGES, Oscar. "7 Pasos clave para implementar un sistema de control de inventarios." {En Línea}. {20 de julio de 2017}. Disponible en: <http://blog.corponet.com.mx/7-pasos-clave-para-implementar-un-sistema-de-control-de-inventarios>.